

Teemu Herttua

**TELESENTRISEN ZOOM-KAMERASYSTEEMIN
MEKANIKKASUUNNITTELU**

TELESENTRISEN ZOOM-KAMERASYSTEEMIN MEKANIKKASUUNNITTELU

Teemu Herttua
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Teemu Herttua
Opinnäytetyön nimi: Telesentrisen zoom-kamerasysteemin
mekaniikkasuunnittelu
Työn ohjaaja: Helena Tolonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 53 + 7 liitettä

Tämä opinnäytetyö on osa Oulun VTT:n Pilot factory -projektia. VTT:llä on maailman ensimmäinen pilottipainokone painettavan elektroniikan tutkimustyötä varten.

Painossa käytettävä painoväri on kallista, mikä on ollut yksi painettavan elektroniikan yleistymistä hidastava tekijä. Yksi tapa minimoida painettavan materiaalin kulutusta on vähentää hukkaan menevän materiaalin määrää. Tähän päästään konenäköjärjestelmän avulla, joka tarkkailee painojälkeä. Järjestelmä suorittaa rekisteritarkkuusmittausta sekä painojäljen visuaalista laadun tarkkailua. Se pysäyttää painokoneen automaattisesti, kun painojälki ei vastaa haluttua.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin konenäköjärjestelmän ympärille mekaniikka IronCAD-nimisellä tietokoneavusteisella 3D-suunnitteluohjelmalla. Tavoitteena oli suunnitella kotelointi, joka mahtuu painokoneen rajalliseen tilaan, sekä tukeva, mutta liikuteltava kiinnitys, jotta konenäköjärjestelmä ei heilu painokoneen ollessa käynnissä. Koteloinnin oli täytettävä alimman ATEX-luokan vaatimukset, mutta sen oli oltava työn tilaajan toiveesta samalla myös ulkonäöllisesti tyylikäs ja myyvän näköinen. Tilaajan toiveesta käytettiin mahdollisimman paljon valmiskomponentteja. Kotelon muoviosat valmistettiin 3D-tulostimella ja alumiiniosat työstettiin VTT:n konepajassa.

Työn tuloksena syntyi lähtövaatimukset täyttävä mekaniikka konenäköjärjestelmälle. Jatkokehitystyönä voisi tukivarren suunnitella toimivammaksi ja tyylikkäämmäksi sekä alavaloyksikön modulaariseksi. Alavalon peiliosa olisi erillinen komponentti, joka liitetään alavaloon tarvittaessa. Alavaloa voisi näin ollen käyttää myös pystyasennossa. Tämä vaatisi kääntömekanismin suunnittelun kiinnitykseen. Suunnittelutyön tuloksena syntyi alavalolle myös toisenlainen kotelovariaatio. Sitä käytettäisiin projekteissa, joissa alavaloyksikön voi asentaa pystyasentoon, mutta se vaatisi myös jatkokehitystä.

Asiasanat:
mekaniikkasuunnittelu, 3D-tulostus, konenäkö, painettava elektroniikka

ALKULAUSE

Haluan kiittää Oulun VTT:tä mahdollisuudesta tehdä haasteellinen, mutta erittäin mielenkiintoinen opinnäytetyö painettavan elektroniikan projektissa. Painettavalla elektroniikalla on erinomaiset tulevaisuuden näkymät ja suuri merkitys myös Suomen taloudelle. Oli ilo olla omalla panoksella osana tätä tarinaa.

Tahdon kiittää tiimipäällikkö Mikko Paakkolanvaaraa siitä luottamuksesta, jota hän osoitti ottamalla minut taloon kesällä 2013 suorittamaan opintoihini kuuluvaa työharjoittelua sekä mukaan projektiin tekemään opinnäytetyötä. Lisäksi kiitän tutkija Juha Suménia kaikesta tuesta ja arvokkaista neuvoista. Ilman niitä tämä työ ei olisi onnistunut. VTT:n väestä täytyy kiittäen mainita vielä insinööri Jari Mäkelä. Hänen positiivinen ja kannustava asenteensa työtä ja työkavereita kohtaan on ihailtavaa.

OAMK:n väestä haluan osoittaa kiitokseni ohjaavalle opettajalle lehtori Helena Toloselle tuesta ja hyvistä neuvoista opinnäytetyöhöni. Erityisen lämpimästi kiitän myös koulutusohjelmavastaavaa Pekka Lahtista. Hän kävi työpaikallani välivuoden aikana ja ihmetteli, ettei ollut nähnyt minua koulussa, ja kannusti minua palaamaan takaisin koulun penkille. Tällainen oppilaan henkilökohtainen motivointi ja kannustaminen on ihailtavaa. Lahtisen kanssa käyty keskustelu oli yksi motivoivista ja eteenpäin vievistä tekijöistä välivuoden jälkeisenä syksynä.

Lähtökohdat opinnäytetyön tekemiseen eivät olleet kaikkein helpoimmat, koska taloudessa oli kaksivuotias pojanviikari ja viimeisillään raskaana oleva avovaimo. Kiitänkin rakasta avovaimoani tuesta ja ymmärryksestä välillä raskaassa tilanteessa. Hänen kannustuksellaan oli iso merkitys sille, että lähdin aikanaan opiskelemaan. Päivisin ei opinnäytetyön tekemisestä tahtonut tulla oikein mitään, kun Lenni vaati huomionsa eikä avovaimo Isabella mahassaan meinannut perässä pysyä. Niinpä yöunet jäivät monena yönä vähiin, kun yön pikkutunnit olivat ainoita rauhallisia hetkiä opinnäytetyön naputteluun. Raskasta oli, mutta nyt se on takanapäin. Lopussa kiitos seisoo niin kuin sanotaan.

26.4.2014 Teemu Herttua

SISÄLLYS

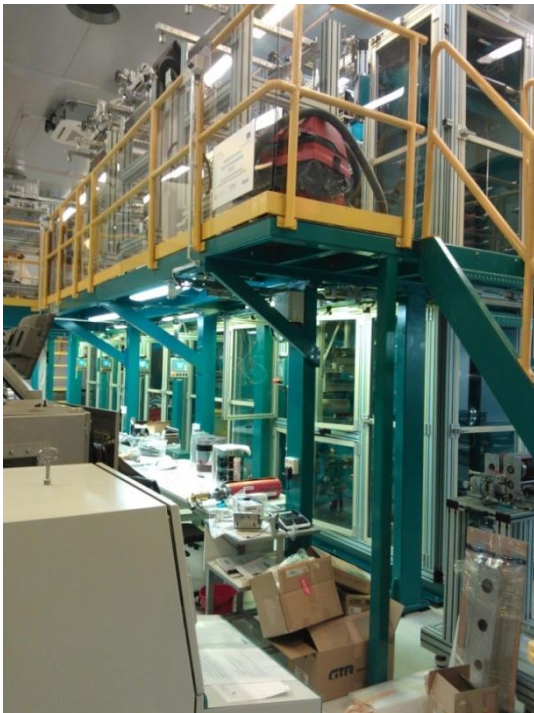
TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KONENÄKÖ	9
2.1 Telesentrinen zoom-kamerajärjestelmä	9
2.2 Konenäkö teollisuudessa	10
3 SUUNNITELTAVAN KONENÄKÖLAITTEISTON KOMPONENTIT	11
3.1 Kamera IDS UI-5480	11
3.2 Objektiivi TC ZR 036	12
3.3 Alavallo LT CL 036	13
4 MEKANIKKASUUNNITTELUN RAJOITTAVAT TEKIJÄT	14
5 SUORITETUT MITTAUKSET LAITTEISTON SOVELTUVUUDEN SELVITTÄMISEKSI	18
5.1 Valaisupulssinmittaukset	18
5.2 Systeemin resoluutiomittaukset	19
6 TELESENTRISEN ZOOM-KAMERASYSTEEMIN MEKANIKKASUUNNITTELU	24
6.1 Suunnittelutyökalu	24
6.2 Esisuunnittelu	25
6.2.1 Ideointivaihe	25
6.2.2 Konseptointi	26
6.3 Detaljisuunnittelu	30
6.3.1 Kamerayksikkö	30
6.3.2 Ledirengas	32
6.3.3 Alavaloyksikkö	35
6.3.4 Kiinnitys painokoneeseen	38
7 MEKANIKKASUUNNITTELUN LOPPUTULOKSET	40
7.1 Kamerayksikkö	41
7.2 Ledirengas	44
7.3 Alavaloyksikkö	47

8 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	51
LIITTEET	53

1 JOHDANTO

Painettua elektroniikkaa on tutkittu paljon ja siitä odotetaan kasvavan nykyisen puolijohdetekniikan suuruinen teollisuuden ala (1, s. 5). Suomessa painetun elektroniikan tutkimuksen eturintamassa on Teknologian tutkimuskeskus VTT, koska painetussa elektroniikassa on potentiaalia uudeksi suomalaiseksi menestystekijäksi. Painetun elektroniikan ympärille syntyvän teollisuuden alan arvioidaan työllistävän jopa 10 000 ihmistä Suomessa. Painamalla elektroniikka saadaan ohueen tilaan ja pystytään saamaan aikaiseksi taipuvia sovelluksia. Lisäksi elektroniikan tuotanto painotekniikalla on nopeaa ja halvempaa kuin perinteinen elektroniikka. (2.)

VTT:n Oulun yksikköön on rakennettu maailman ensimmäinen painettavan elektroniikan koepainokone eli pilot factory (kuva 1). Koepainokoneella tutkitaan muun muassa painojälkeä, -tarkkuuksia ja -nopeuksia erilaisilla painettavilla materiaaleilla. Yksi eteen tulleista ongelmista on se, että painettava materiaali on kallista. Materiaalitehokkuuden ja kustannusten kannalta on tärkeää, että hukkamateriaalia tulisi mahdollisimman vähän.



KUVA 1. Pilot factory VTT:n tiloissa Oulussa

Aiemmin on ollut ongelmana, että painokoneen painaessa huonoa jälkeä hävikkiä on ehtinyt syntyä jonkin aikaa, ennen kuin asia on huomattu ja painokone pysäytetty. Kaikki laadultaan hylätty painojälki on hävikkiä, koska painoväriä ei voida uudelleen käyttää. Painojäljen tarkkailuun on ollut käytössä konenäköjärjestelmä, mutta sen tarkkuus ei ole ollut tyydyttävä. Mitä tarkempi kuva saadaan, sitä paremmin nähdään, vastaako painojälki haluttua.

Ongelman ympärille on VTT:ssä perustettu projekti, jonka tavoitteena on päästä kamerapohjaisessa rekisterimittauksessa kolmen mikrometrin tarkkuuteen ja itse painossa 15 mikrometrin kohdistustarkkuuteen. Tavoite on tullut erään asiakasyrityksen toiveesta. VTT:n tutkija Juha Sumén valitsee konenäköjärjestelmän komponentit ja optiikan mittausten perusteella. Oulun yliopiston sähkötekniikan osaston opiskelija Jaakko Jääskä tekee järjestelmän ohjausohjelmiston diplomityönään (3). Tämän opinnäytetyön aiheena on mekaniikan suunnittelu ja toteutus projektiin, niin että mekaniikka komponenttien ympärillä olisi toiminnallisuuden lisäksi myös ulkonäöllisesti kelvoinen esittelytilaisuuksiin ja asiakaskontaktointeihin. Kuvassa 2 on esitetty painokoneen tila, johon suunniteltava konenäköjärjestelmä sijoitetaan. Yläosassa näkyvä kuutiomainen musta esine on aiemmin käytössä ollut konenäkökamera. Se poistetaan uuden kamerajärjestelmän tieltä.

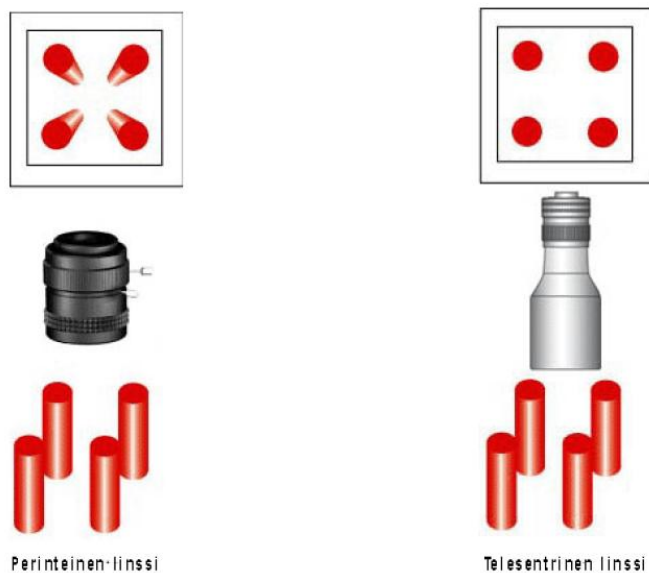


KUVA 2. Konenäköjärjestelmän sijoituskohta painokoneessa

2 KONENÄKÖ

2.1 Telesentrinen zoom-kamerajärjestelmä

Painojäljen tarkkailuun projektissa valittiin telesentrinen zoom-linssikamerajärjestelmä. Telesentrisyydellä tarkoitetaan sitä, että objektiivin linssiin kohtisuorassa saapuvat valonsäteet saapuvat myös kennolle kohtisuorassa. Lisäksi ainoastaan optisen akselin suuntaiset säteet pääsevät linssistä läpi kamerakennolle. Tämä poistaa kuvasta perspektiivin, mikä mahdollistaa tarkempien kuvien ottamisen, koska perspektiivin aiheuttama vääristymä poistuu. (4.) Tätä on havainnollistettu kuvassa 3.



KUVA 3. Telesentrisellä linssillä perspektiivi poistuu (5)

Telesentrisyyden toinen etu on se, että perspektiivin poistuessa kohteesta otettu kuva pysyy samankokoisena, vaikka kohteen etäisyys objektiivista muuttuu. Esimerkiksi painokoneen ollessa käynnissä kalvo heilahtelee telojen välissä pystysuunnassa. Tällöin kalvolla olevan kohteen etäisyys objektiivista vaihtelee. Tavallista objektiivia käytettäessä tämä tarkoittaisi sitä, että kohde näyttäisi suurenevan ja pienenevän. Jos kohteen kokoa yritettäisiin mitata tällaisesta kuvasta, saataisiin kohteen kooksi vaihtelevia mittoja. Telesentristä objektiivia käytettäessä kohde näyttää aina oikean kokoiselta, eivätkä mittaustulokset vaihtelee.

Zoom-linssiobjektiivi on objektiivi, jonka polttoväliä voidaan muuttaa. Tämän ansiosta kohteesta voidaan ottaa erikokoisia suurennoksia ilman, että objektiivin etäisyyttä kohteeseen tarvitsee muuttaa. Yleensä, kun linssin polttoväli muuttuu, muuttuu myös objektiivin toimintaetäisyys. Zoom-linssiobjektiivilla toimintaetäisyys pysyy siis vakiona, vaikka polttoväli muuttuu. Sen avulla pystytään mittaamaan joustavasti myös erikokoisia kohteita. (6.)

2.2 Konenäkö teollisuudessa

Konenäöllä tarkoitetaan teollisuudessa automatisoitua visuaalista tarkastusta. Konenäkösovelluksilla pyritään vähentämään ihmisen tarvetta laadunvalvonnassa. Syynä voi olla esimerkiksi ihmissilmälle liian kova tahti, ihmissilmälle liian suuri tarkkuus tai tarkastustyön yksitoikkoisuus, mikä voisi johtaa keskittymisen herpaantumiseen. Hyvä konenäköjärjestelmä vähentää virheitä ja parantaa lopputuotteiden laatua. Konenäkösovelluksia ovat muun muassa mittaus-, paikoitus-, lajittelu- ja laadunvalvontasovellukset. (7.)

Konenäköjärjestelmä koostuu kamerasta ja mahdollisesta objektiivista, tietokoneesta ja kuvankäsittelyohjelmasta, jolla kuvainformaatio käsitellään, sekä valolähteestä. Ympäristön valo ei yleensä ole riittävä kuvan muodostumiseen, joten tarvitaan lisävalo kohteen valaisemiseen. (8.) Valaistuksen valinta riippuu olosuhteista ja siitä, millaisia yksityiskohtia halutaan tarkastella. Myös lisävalon aallonpituuden valinnalla voidaan vaikuttaa yksityiskohtien havaitsemiseen.

3 SUUNNITELTAVAN KONENÄKÖLAITTEISTON KOMPONENTIT

Painokoneeseen asennettavan konenäkölaitteiston komponentit, joiden pohjalta mekaniikka on tarkoitus suunnitella, ovat opinnäytetyön tilaajan valitsemia. Eri komponenttivaihtoehtojen soveltuvuuksia käyttötarkoitukseen vertailtiin laboratoriomittauksilla, joiden pohjalta komponenttivalinnat varmistuivat. Valintaan vaikuttaneita kriteerejä olivat myös hinta ja saatavuus. Ohjelmiston konenäköjärjestelmän käyttämiseen ja ohjaamiseen teki Jaakko Jääskä diplomityönä (3).

Suunniteltava konenäköjärjestelmä on kaksiosainen. Painolinjan yläpuolelle tulevaa osaa kutsutaan kamerayksiköksi ja painolinjan alapuolelle tulevaa osaa alavaloyksiköksi. Kamerayksikkö sisältää kameran, objektiivin, objektiivin pidikkeen sekä 45 asteen kulmassa olevan led-valaisun. Alavaloyksikkö sisältää alavalon kuvattavan kohteen valaisemiseen sekä sen pidikkeen.

3.1 Kamera IDS UI-5480

Kameraksi järjestelmään on valittu Imaging Development Systemsin valmistama IDS UI-5480 CP-C-HQ (kuva 4). Se on 5 megapikselin värikamera, joka on varustettu Aptina Imagingin valmistamalla CMOS-kennolla. Kamera valittiin järjestelmään muun muassa pienen kokonsa ja hyvän resoluutionsa vuoksi. IDS UI-5480 CP on leveydeltään ja korkeudeltaan 29 millimetriä ja pituudeltaan 40,5 millimetriä. Painoa kameralla on vain 61 grammaa. Kamera on niin pieni ja kevyt, ettei sen kiinnittämiseen tarvitse suunnitella mekaniikkaa vaan kamera pysyy C-mount-kierrelaitoksella objektiivissa.



KUVA 4. IDS UI-5480 CP-C-HQ (9)

IDS UI-5480 CP:llä on paras herkkyys vihreän ja sinisen värin aallonpituusalueilla. Tästä syystä alavaloon valittiin vihreää valoa säteilevä LED. Kameran tarkemmat spesifikaatiot ovat liitteessä 1.

3.2 Objektiivi TC ZR 036

Objektiiviksi valittiin Opto Engineeringin TC ZR 036 (kuva 5). TC ZR 036 on telesentrinen objektiivi eli kohteesta tulevat valonsäteet saapuvat CMOS-kennolle käytännössä kohtisuoraan. Kulmaero on vähemmän kuin $0,05^\circ$. Tavallisilla objektiiveilla kuvattaessa kohde näyttää pienemmältä tai suuremmalta riippuen sen etäisyydestä linssistä. Telesentrisellä objektiivilla kuvattaessa kohde näyttää aina samankokoiselta, vaikka etäisyys linssiin muuttuu.



KUVA 5. TC ZR 036 (10)

TC ZR 036:ssa on niin sanottu zoom-revolveri eli objektiivin makasiinissa on eri polttovälin omaavia linssejä, joita voidaan moottoroidun koneiston avulla ottaa tarpeen mukaan käyttöön. Tämä mahdollistaa eri suurennoksien ottamisen kohteesta ilman, että objektiivin sijaintia tarvitsee fyysisesti muuttaa. TC ZR 036:ssa eri suurennoksien määrä on neljä.

Objektiivin TC ZR 036 toimintaetäisyys eli etäisyys, jolla ulomman linssin tulee olla kohteesta, on 68 millimetriä. Tämä tulee ottaa huomioon mekaniikkaa suunniteltaessa. Suurimmalla suurennoksella poikkeama toimintaetäisyydestä

voi olla ainoastaan 0,01 millimetriä molempiin suuntiin. Objektiivi ja koko yläpuolen mekaniikka tulee kiinnittää 68 millimetrin päähän painettavasta kalvosta niin tukevasti, ettei suurta heilumista pääse tapahtumaan. Objektiivin spesifikaatiot ovat liitteessä 2.

Objektiivin paino on kaksi kilogrammaa, mikä asettaa vaatimuksen kiinnityksen tukevuudelle. Objektiivin kiinnittämisessä suunniteltavaan mekaniikkaan käytetään Opto Engineeringin valmistamaa kiinnitintä CMHOTCZR eli siihen ei tarvitse suunnitella mekaniikkaa erikseen. Valitun objektiivin tarkemmat spesifikaatiot ovat liitteessä 3.

3.3 Alavallo LT CL 036

Konenäköjärjestelmän lisävaloksi valaisemaan kuvattavaa kohdetta alhaalta päin on valittu Opto Engineeringin valmistama LT CL 036 (kuva 6). Valolähde on kollimoitu eli valolähteestä lähtee valoa vain optisen akselin suuntaan. Kollimoitua valoa suositellaan käytettäväksi, kun mitattavan kohteen etäisyyden ei haluta vaikuttavan kuvan kokoon. Alavalon LT CL 036 tarkemmat spesifikaatiot ovat liitteessä 4.

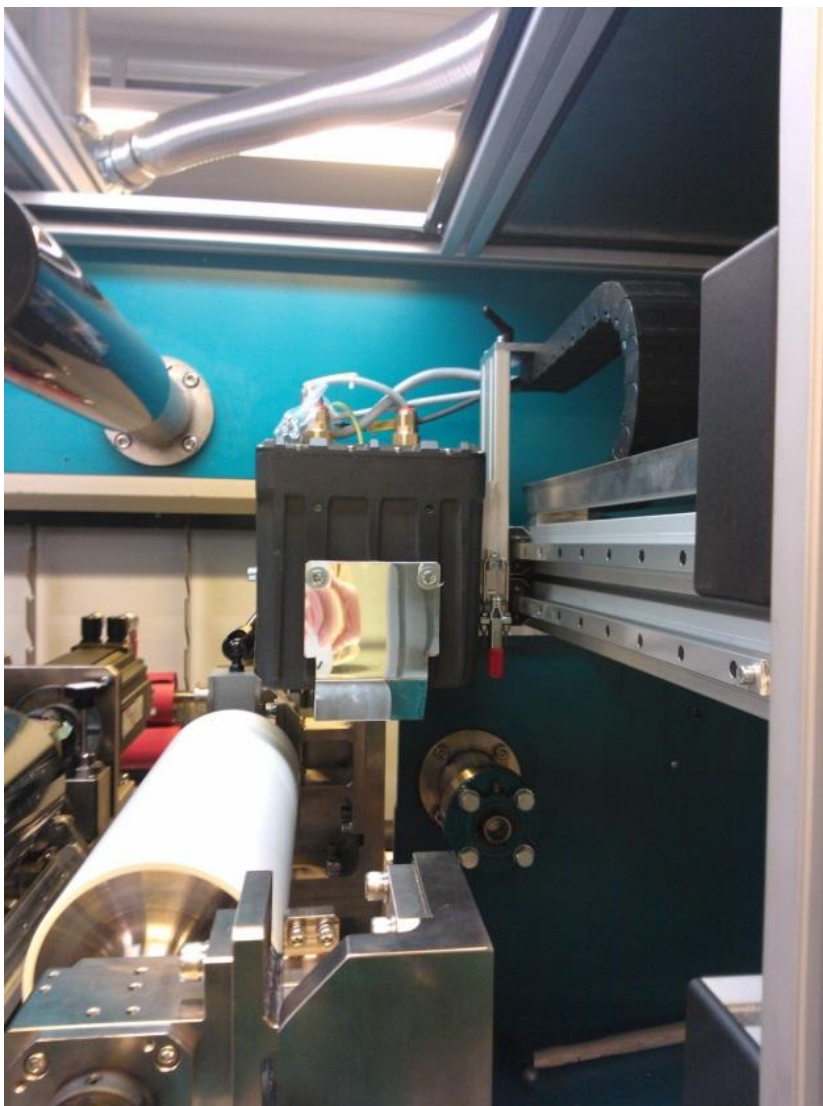


KUVA 6. LT CL 036 (11)

Alavalon lediksi valittiin laboratoriomittausten perusteella vihreä valo. Alavalon kiinnittämisessä suunniteltavaan mekaniikkaan oli tarkoitus käyttää Opto Engineeringin LT CL 036:ta varten suunnittelemaa kiinnitintä CMHO 036. Kuitenkin, kuten myöhemmin todetaan, alavallo sijoitetaan painokoneessa sellaiseen paikkaan, ettei CMHO 036 tule kyseeseen tilan rajallisuuden vuoksi. Kiinnitin on suunniteltava mekaniikan suunnittelun yhteydessä.

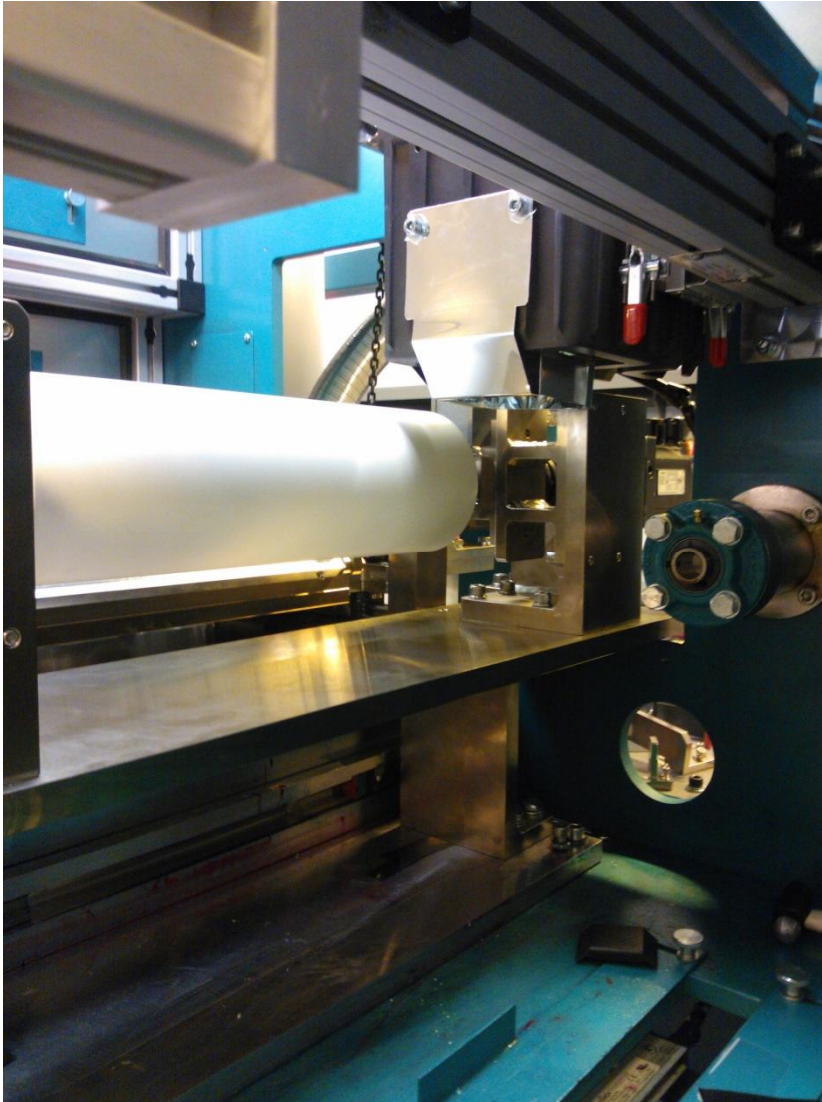
4 MEKANIKKASUUNNITTELUN RAJOITTAVAT TEKIJÄT

Insinööriyön aiheena on mekaniikan suunnittelu konenäköjärjestelmän komponenttien ympärille sekä tukivarret ja niiden kiinnitys painolaitteistoon. Tässä luvussa käydään läpi suunnittelun alussa tiedossa olleita rajoittavia tekijöitä. Suunnittelutyön edetessä rajoittaviin tekijöihin, kuten tilavarauksiin, tulee muutoksia. Kuvassa 7 on esitetty tila painokoneessa, johon kamerayksikkö sijoitetaan. Painorata tulee kulkemaan vaakatasossa valkoisen telan yli vasemmalle.



KUVA 7. Kamerayksikön tilavaraus

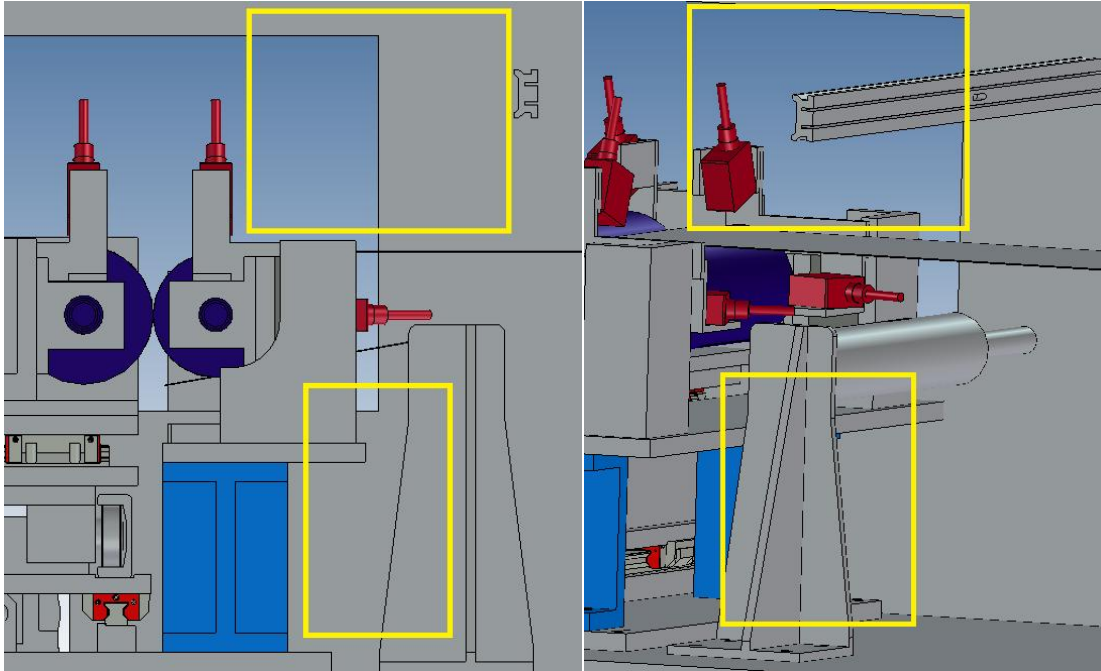
Kuvassa 8 on esitetty tila painokoneessa, johon alavaloyksikkö oli alun perin tarkoitus sijoittaa. Alavaloyksikkö olisi sijoitettu telan alapuolella olevaan tyhjiin tilaan.



KUVA 8. Alavaloyksikön tilavaraus

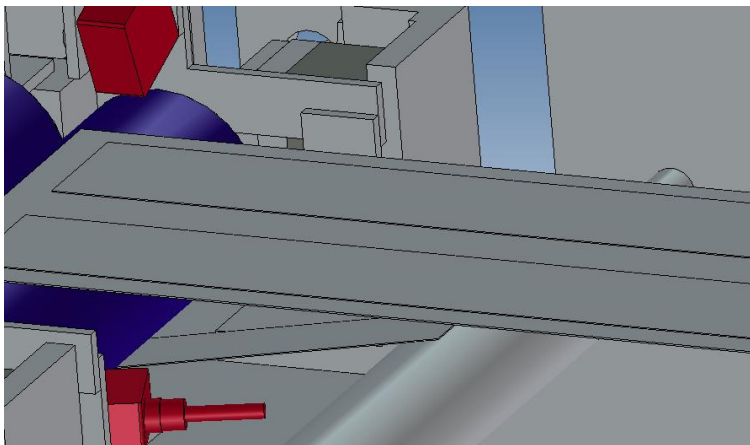
Konenäköjärjestelmä sijoitetaan painokoneeseen painokalvon molemmin puolin, niin että kamerayksikkö ja alavaloyksikkö ovat kiinteästi yhteydessä toisiinsa tukivarrella. Objektiivin TC ZR 036 spesifikaation mukainen toimintaetäisyys on 68 millimetriä objektiivin reunasta kuvattavaan kohteeseen. Tämä asettaa tiukan rajoituksen sille, millaiselle etäisyydelle kamerayksikkö voidaan sijoittaa painokalvon yläpuolelle. Alavaloyksikön ja kamerayksikön tulee liikkua samanaikaisesti samassa suhteessa toisiinsa, jotta kamera ja alavaloy

pysyvät koko ajan kohdakkain. Kamerayksikön ja alavaloyksikön alkuperäiset tilavaraukset painokoneessa on mallinnettu kuvassa 9.



KUVA 9 Kamerayksikön ja alavaloyksikön tilavaraukset

Kamerayksikön pitää pystyä kuvaamaan kohteita painokalvon molemmilla reunoilla. Kuvausalueet on esitetty kuvassa 10. Tämän vuoksi kamerayksikön pitää olla liikuteltavissa ja alavaloyksikön pitää liikkua samaa tahtia, jotta valaistus kohteeseen tulee aina kohtisuorassa ja objektiivin keskipisteeseen. Suunnittelussa on siis otettava huomioon myös se, että kamera, objektiivi ja alavallo ovat tarkasti kohtisuorassa toisiinsa nähden.



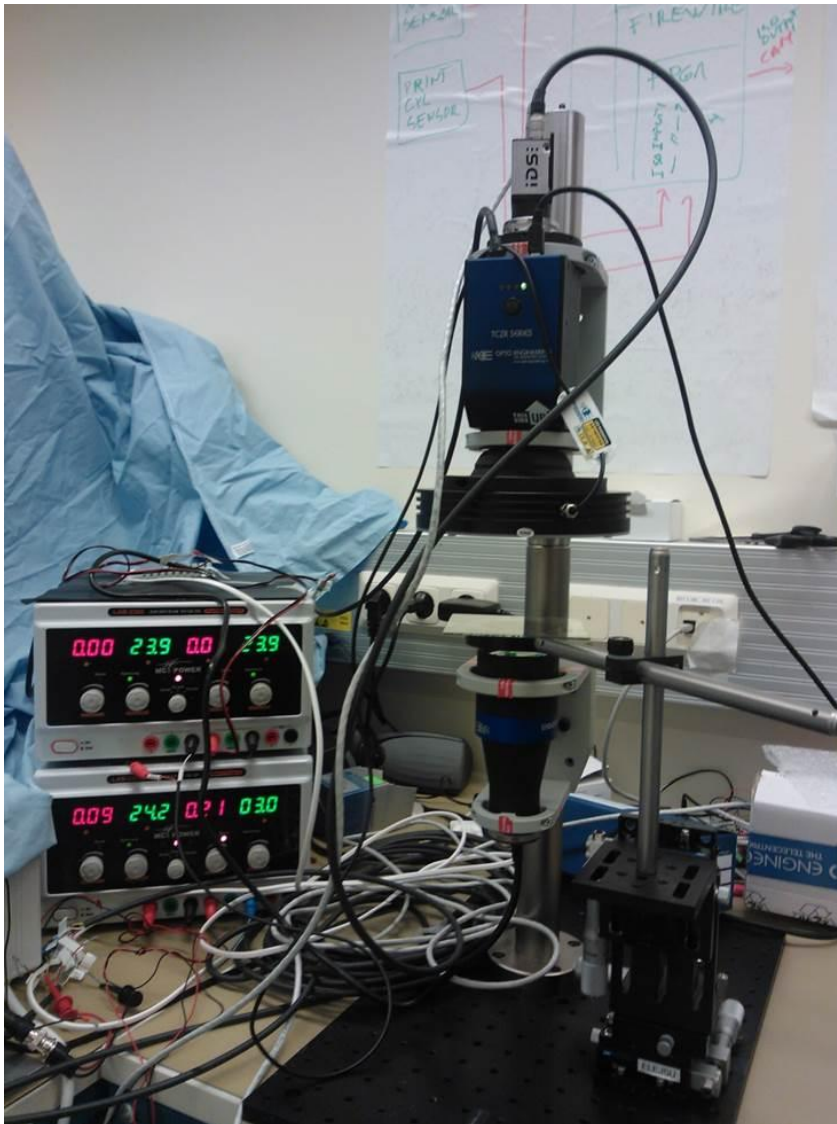
KUVA 10. Kuvausalueet painoradalla

Koteloinnin pitää täyttää alimman ATEX-luokan vaatimukset. Tämä tarkoittaa sitä, että pölyn pääsy kotelon sisälle pitää estää (12). Koteloinnin pitää olla lisäksi kaupallisen ja hyvin muotoillun näköinen.

5 SUORITETUT MITTAUKSET LAITTEISTON SOVELTUVUUDEN SELVITTÄMISEKSI

5.1 Valaisupulssinmittaukset

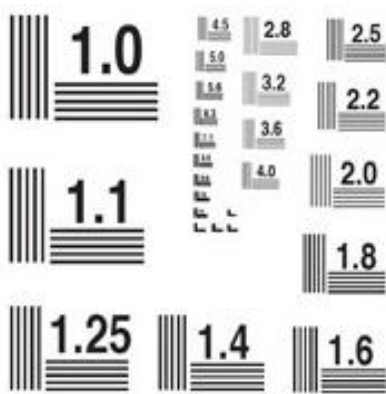
Systeemin valaisupulssinmittaukset suoritettiin VTT:n laboratoriossa kuvassa 11 esitetyllä mittausjärjestelyllä. Salassapitosyistä valaisupulssinmittaukset eivät sisälly tähän julkiseen raporttiin, mutta ovat opinnäytetyön tilaajan tiedossa.



KUVA 11. Valaisupulssin- ja systeemin resoluutiomittauksien mittausjärjestely

5.2 Systeemin resoluutiomittaukset

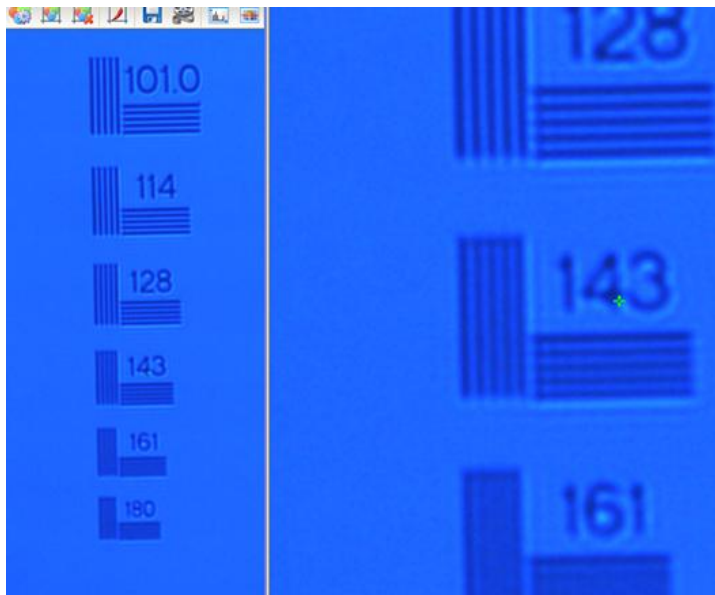
Systeemin resoluutiomittaukset suoritettiin VTT:n laboratoriossa samanlaisella mittausjärjestelyllä kuin valaisupulssinmittauksetkin. Mittauksissa käytettiin Edmund Opticsin resoluutiomittaria NBS 1963A (kuva 12). Resoluutiomittaria luetaan niin, että etsitään suurin luku, jonka viivat ja raot pystytään vielä erottamaan. Luku tarkoittaa, että yhden millimetrin matkalle mahtuu luvun osoittama määrä viiva-rakopareja. Kun millimetri jaetaan saadulla luvulla, saadaan viiva-rakoparin leveys. Kun tämä saatu leveys jaetaan vielä kahdella, saadaan viivan leveys. Viivan leveys on tässä tapauksessa sama kuin resoluutio eli tarkkuus. Se määrittää, kuinka pieni yksityiskohta on erotettavissa.



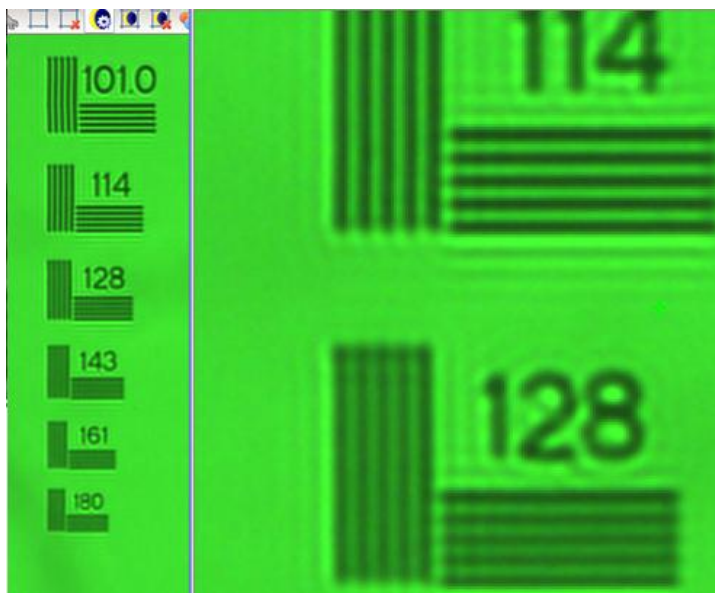
KUVA 12. Edmund Optics NBS 1963A (13)

Mittauksilla selvitettiin kahta asiaa. Ensinnäkin vertailtiin kumpaa lediä alavalossa kannattaa käyttää, sinistä vai vihreää. Mittauksilla tutkittiin mihin tarkkuuteen erivärisiä ledejä käyttämällä päästään. Toisaalta selvitettiin myös kuinka paljon kameran ja objektiivin väliseen kiinnitykseen tarvitaan välilevyjä. Suunniteltavan konenäköjärjestelmän fokuksen hienosäätö suoritetaan näiden välilevyjen avulla.

Mittausten mukaan sinisellä valolla saavutettiin parempi resoluutio kuin vihreällä valolla. Vihreällä ja sinisellä valolla otettuja kuvia voi vertailla kuvissa 13 ja 14.



KUVA 13. Sinisellä led-valolla otettu kuva



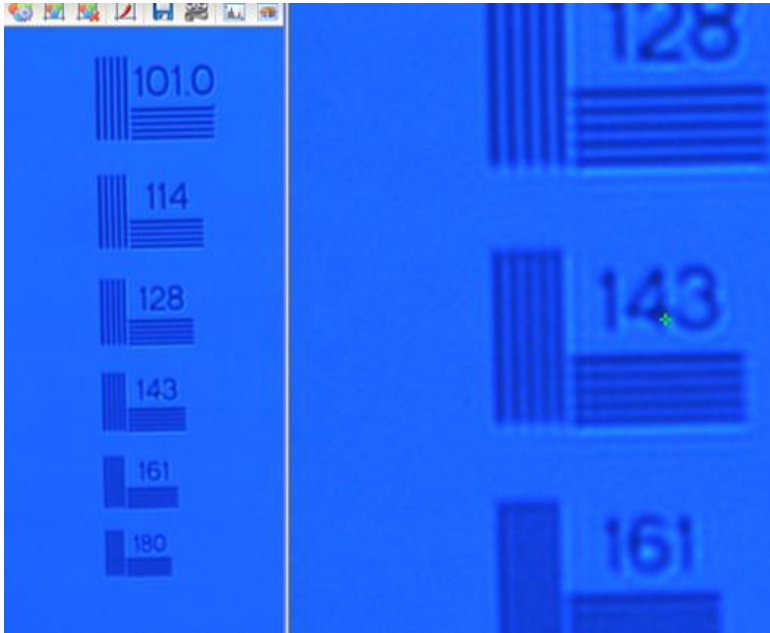
KUVA 14. Vihreällä led-valolla otettu kuva

Resoluutiotargetista nähdään, että sinisellä valolla luvun 143 kohdalla kaikki viivat ja välit ovat vielä selvästi nähtävissä. Se puolestaan tarkoittaa, että yhden millimetrin matkalle mahtuu 143 viiva-väliparia. Resoluutioksi saatiin $3,5 \mu\text{m}$, joka laskettiin kaavalla 1.

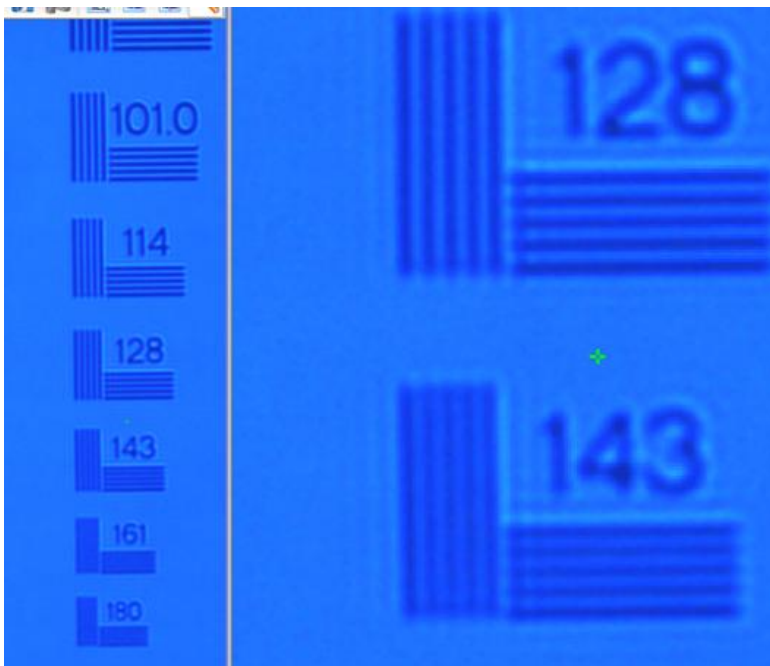
$$\frac{1000 \mu\text{m}}{143} = 6,993 \mu\text{m} \rightarrow \text{viivanleveys} = \frac{6,993 \mu\text{m}}{2} \approx 3,5 \mu\text{m}$$

KAAVA 1

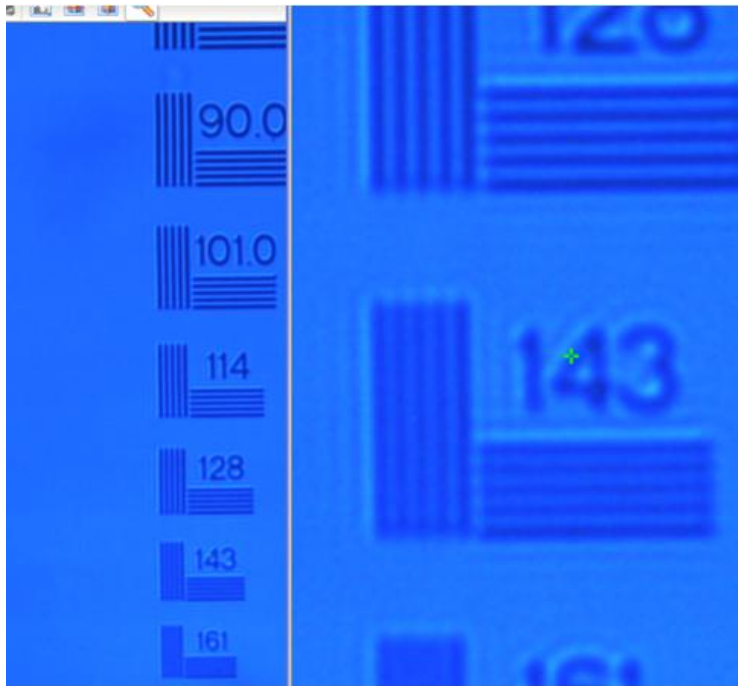
Paras fokus saatiin, kun kameran ja objektiivin välissä käytettiin 1,25 millimetriä välilevyjä. Kuvissa 15, 16 ja 17 on esitetty esimerkkinä eri välilevymäärillä otettuja kuvia.



KUVA 15. Kuva otettu, kun kameran ja objektiivin välissä oli välilevyjä 1,25 mm:n paksuisesti



KUVA 16. Kuva otettu, kun kameran ja objektiivin välissä oli välilevyjä 2,65 mm:n paksuisesti



KUVA 17. Kuva otettu, kun kameran ja objektiivin välissä oli välilevyjä 0,25 mm:n paksuisesti

Mittausten yhteenvedona todetaan, että konenäköjärjestelmässä käytetään alavalossa sinistä led-valoa, jota pulssitetaan 50 mikrosekunnin pulsseissa. Kamera asetetaan triggaamaan samassa tahdissa eli kamera ottaa kuvaa aina kun ledi on päällä. Resoluutio on 3,5 mikrometriä.

Painoradan halutaan kulkevan 1 - 5 metriä minuutissa. Maksimivalotusaika, kun resoluutio on 3,5 mikrometriä, saadaan kaavalla 2. Maksimivalotusajat eri painoradannopeuksilla on esitetty taulukossa 1.

$$t = \frac{3,5 \frac{\mu m}{\mu s}}{v \frac{\mu m}{\mu s}}$$

KAAVA 2

t = maksimivalotusaika (μs)

v = radan etenemisnopeus (μm/μs)

TAULUKKO 1. Maksimivalotusaika eri painoradannopeuksilla

Nopeus, $\frac{m}{min}$	Nopeus, $\frac{\mu m}{\mu s}$	Maksimivalotusaika, μs
1	0,0167	209,58
2	0,0333	105,11
3	0,05	70
4	0,0667	52,47
5	0,0833	42,02

6 TELESENTRISEN ZOOM-KAMERASYSTEEMIN MEKANIKKASUUNNITTELU

Suunnittelun rajoittavia tekijöitä käytiin läpi luvussa 4 Mekaniikkasuunnittelun rajoittavat tekijät sellaisena kuin ne olivat projektin alussa. Projektin edetessä suunnittelutyön rajoittavat tekijät kuitenkin muuttuivat tai niitä tuli lisää joko projektiryhmältä tai asiakkaalta.

Alkuperäisestä tehtävän annosta poiketen suunnittelutyö lisääntyi projektin edetessä vielä ledirenkaan suunnittelulla. Yläpuolelle objektiivin ympärille haluttiin lisävalolähde, koska painoväriä voidaan käyttää läpinäkymättömiä musteita kuten hopeaa tai alumiinia. Niissä tapauksissa pelkkä alavalon on riittämätön. Ledirenkaaksi mietittiin ensin valmista ostokomponenttia, mutta sen valaistus ei ollut riittävä eikä sen valo kohdistunut painoradalle. Niinpä opinnäytetyötä laajennettiin ledirenkaan mekaniikan suunnittelulla. Ledirenkaan ledit ja linssit ovat alihankittavia komponentteja.

6.1 Suunnittelutyökalu

Aivan varhaisessa hahmotteluvaiheessa käytettiin kynää ja paperia, mutta pian selvisi, että suunnittelussa käytetty suunnitteluohjelma IronCAD sopi hyvin hahmotteluun ja ideointiin. Opinnäytetyössä käytetty tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma oli IronCAD Limited liability companyn kehittämä ja markkinoima IronCAD 2013. Käytössä ollut versio oli 15.0.1. IronCAD on alkuvaiheen suunnittelussa ja ideoinnissa parempi työkalu kuin esimerkiksi SolidWorks tai Autodesk Inventor. IronCAD antaa vapauksia luovuudelle ja muotojen sekä linjojen lisääminen, muokkaaminen ja poistaminen on nopeampaa ja helpompaa kuin monessa kilpailijassa. IronCADin suunnitteluominaisuuksien selvittäessä ja taitojen kehittyessä kävivät kynä ja paperi tarpeettomiksi. Alavalon toinen mekaniikka sekä ledirenkaan mekaniikka suunniteltiin alusta asti hahmottelusta lähtien IronCADilla.

6.2 Esisuunnittelu

6.2.1 Ideointivaihe

Ideointivaiheen alussa hahmoteltiin muotoja ja malleja kynällä paperille. Heti projektin käynnistyessä oli selvää, että pelkästään teknisesti toimiva ja vaatimukset täyttävä ratkaisu ei riitä, vaan suunniteltavan konenäköjärjestelmän tulee olla mekaniikan osalta tyylikäs ja kaupallisen näköinen, jotta se kelpaa asiakkaalle ja sitä voidaan esitellä myöhemmin messuilla. Toiveissa oli lisätilauksien ja jatkoprojektien saaminen.

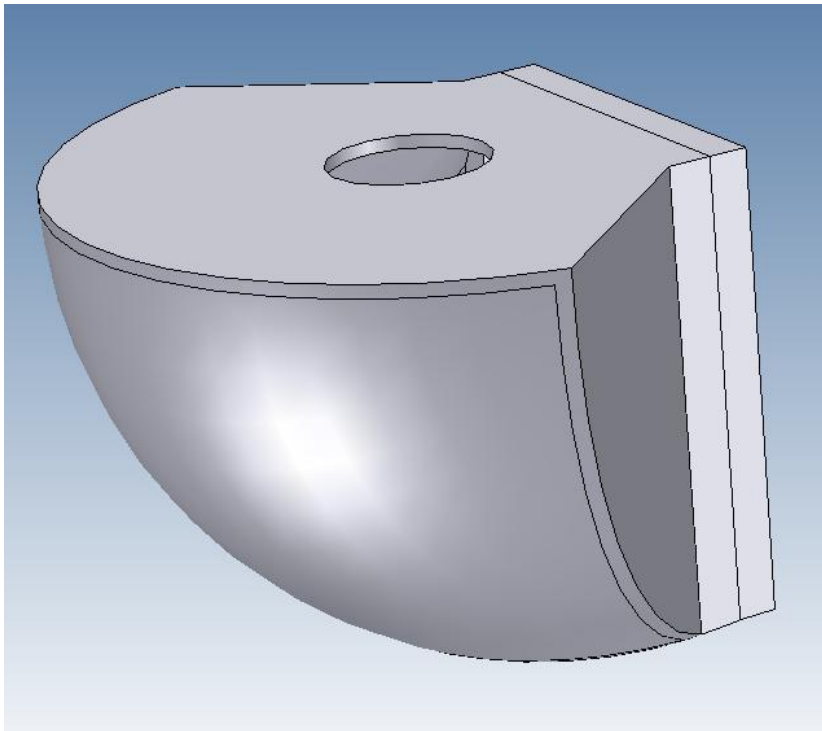
Aivan alussa oli ilmassa ajatus yhtenäisestä kokonaisuudesta. Koska komponentit ovat suuret, hyvin nopeasti päädyttiin siihen ratkaisuun, että kameran puoli ja alavalon puoli ovat erilliset osat, jotka ovat tukivarrella kiinteästi yhteydessä toisiinsa, niin että yläpuoli ja alapuoli liikkuvat samanaikaisesti koko linjan leveydellä.

Kamerapuolen ja alavalopuolen kuoriosat tulostetaan 3D-tulostuksella, joten muodoille ei ole valmistuksen kannalta juurikaan rajoituksia. Muotokielessä lähdettiin tavoittelemaan selkeyttä ja modernia ulkonäköä. Päälinjaksi valittiin pyöreät muodot. Koska pyöreä pinta asettaa omat haasteensa kiinnitysten suunnittelun osalta, suunniteltiin mekaniikkaan myös suoraa pintaa, johon alavalon ja objektiivin voidaan kiinnittää. Kuoren suunnittelun haasteena oli siten miettiä miten pyöreät ja suorat muodot toimivat yhdessä tyylikkäästi. Yläpuolen linjojen pitäisi myös jatkua alapuolessa, vaikka yläpuoli on komponenttien koon vuoksi paljon isompi kuin alapuoli, jotta kokonaisuus näyttäisi yhtenäiseltä.

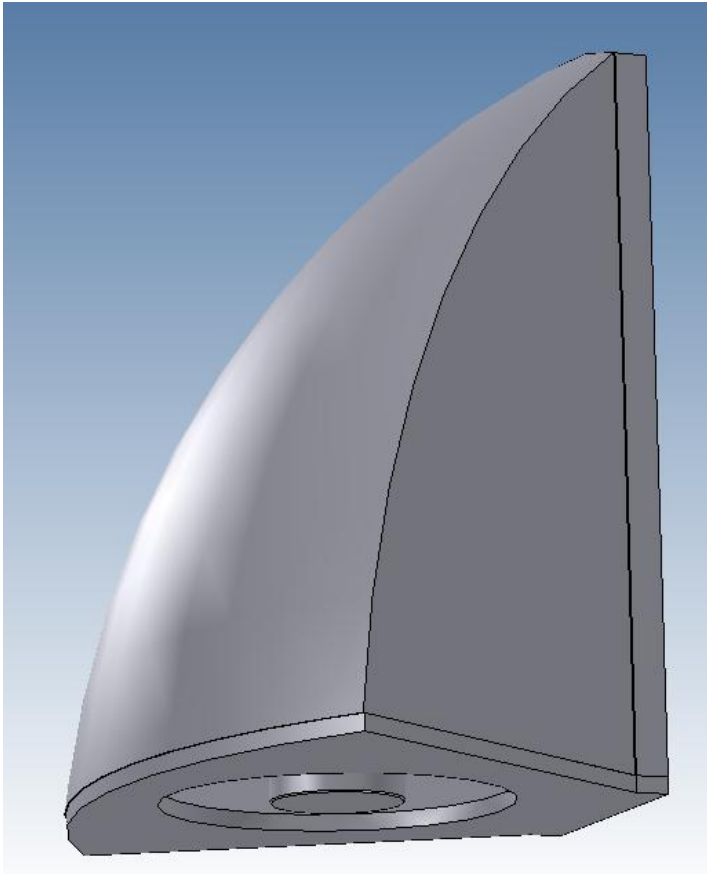
Alun perin annettiin tehtäväksi suunnitella alavalon tilaan, joka on telalle tulevan painoradan ja telalta lähtevän painoradan alapuolella. Tilavarausta on esitetty kuvissa 8 ja 9. Siellä tilaa on enemmän kuin painoratojen välissä, johon alavalon lopulta suunniteltiin asiakkaan toivomuksesta. Niinpä ideointivaiheen hahmotelmat alavalon osalta poikkeavat lopullisesta toteutuksesta. Alavalon alkuperäinen mekaniikkasuunnitelma kuitenkin miellytti projektiryhmää, joten suunnittelutyö ei mennyt siltä osin hukkaan ja se toteutetaan alkuperäisen suunnitelman mukaisesti myöhemmin.

6.2.2 Konseptointi

Mekaniikkojen muotojen karkea suunnittelu tehtiin IronCADilla. Alavaloyksikön ensimmäinen konsepti (kuva 18) ja kamerayksikön ensimmäinen konsepti (kuva 19) piirrettiin hahmotelmien pohjalta. Ledirengas ja alavaloyksikön toinen konsepti hahmoteltiin ja piirrettiin suoraan IronCADilla 3D-ympäristössä. Ideointi- ja hahmotteluvaiheet olivat vapaata muotokielen ja konseptin etsimistä, sillä suunnittelutyön alkuvaiheessa ei ollut vielä tiedossa mihin kohtaan painokonetta konenäköjärjestelmä tullaan sijoittamaan. Koska tilavarausta ei tiedetty, ei suunnittelulle ollut fyysisiä rajoituksia. Niinpä kun sijoituskohta ja tilavaraus selvisivät, osoittautuivat molemmat ylä- ja alapuoli aivan liian suuriksi.

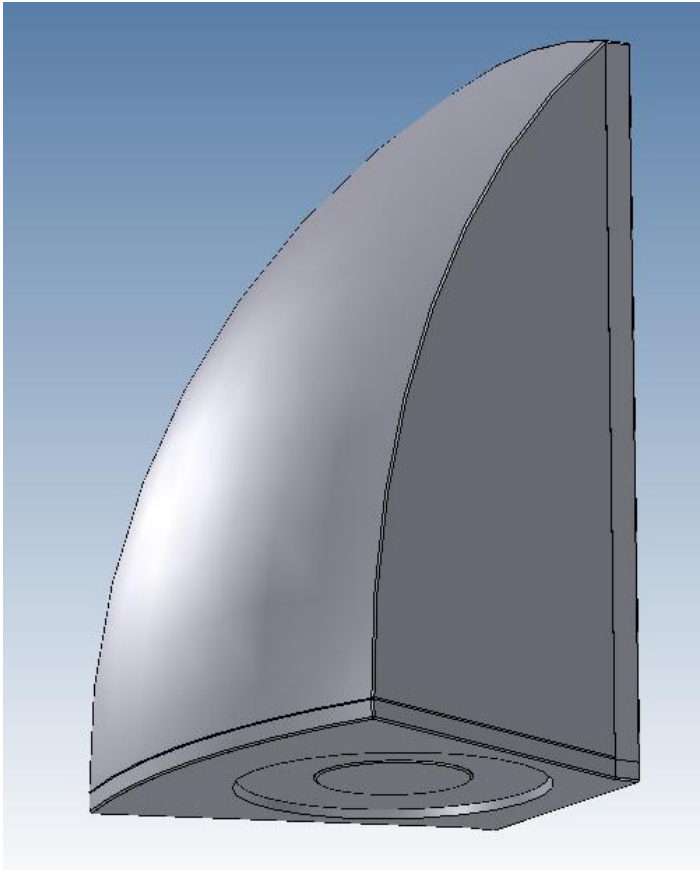


KUVA 18. Alavaloyksikön ensimmäinen konsepti



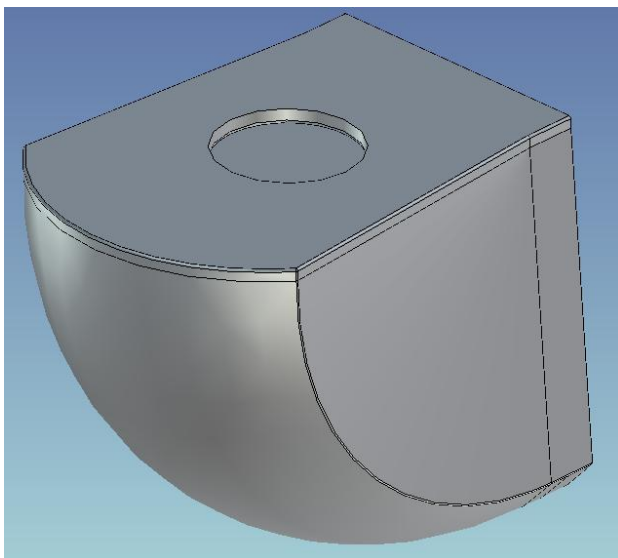
KUVA 19. Kamerayksikön ensimmäinen konsepti

Seuraavaksi alkoi mekaniikkojen pienentäminen tilaan sopiviksi kokeilu periaatteella. Mittoja pienennettiin ja kokeiltiin sijoittaa tilaan. Jos mekaniikka ei mahtunut, pienennettiin sen mittoja vielä lisää. Yläpuolen mekaniikka vastasi pienentämisen jälkeen hyvin alkuperäistä hahmottelua (kuva 20).



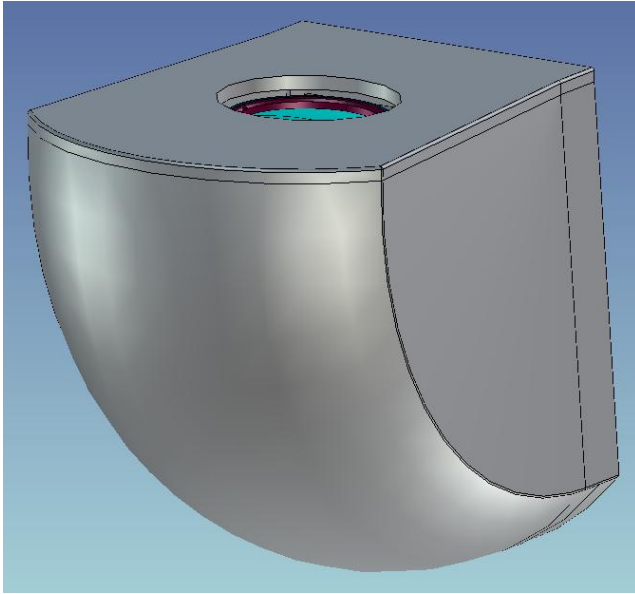
KUVA 20. Kamerayksikön ensimmäinen versio

Alapuolen ensimmäinen mekaniikkasuunnitelma sen sijaan muuttui pienennettäessä niin paljon, että syntyi kokonaan uusi variaatio. Se on esitetty kuvassa 21.

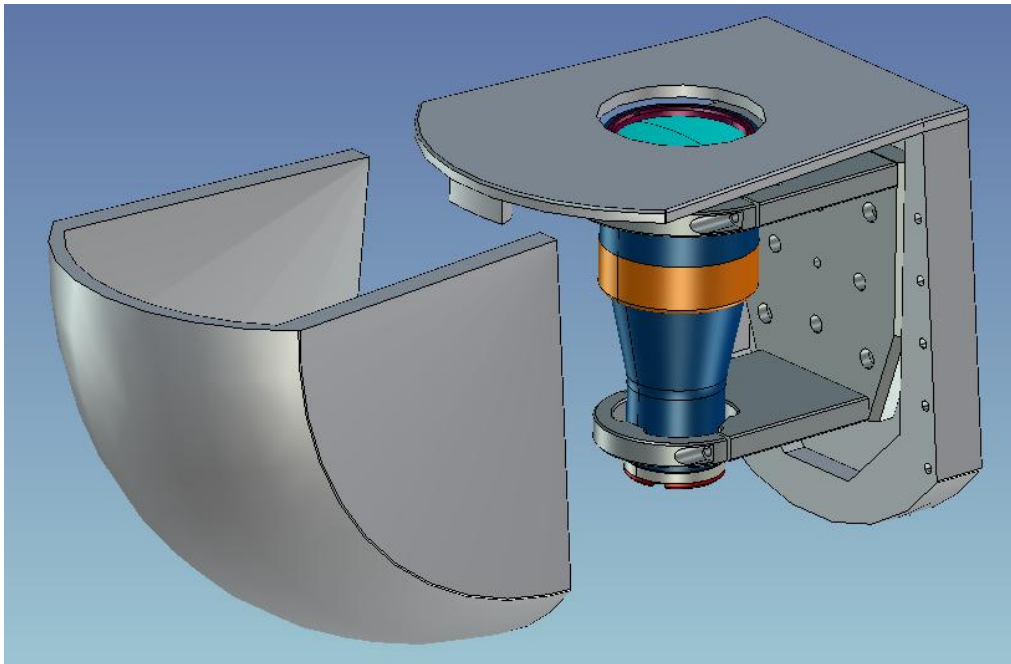


KUVA 21. Alavaloyksikön toinen konsepti

Projektiryhmä piti alavaloyksikön ensimmäisestä versiosta, joka on esitetty kuvissa 22 ja 23. Alavaloyksikön sijoituspaikka kuitenkin muuttui eikä suunniteltua versiota ollut enää mahdollista käyttää. Ensimmäinen versio jätettiin kuitenkin odottamaan jatkosuunnittelua sillä sitä käytettäisiin myöhemmissä projekteissa. Tätä projektia varten piti suunnitella uusi mekaniikka.



KUVA 22. Alavaloyksikön ensimmäinen versio



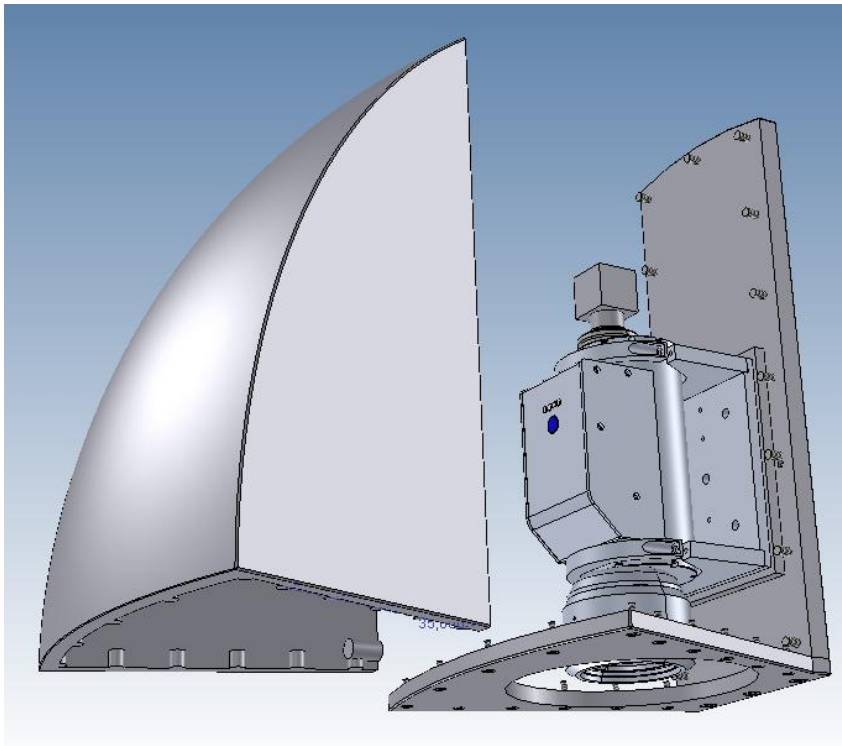
KUVA 23. Alavaloyksikön ensimmäinen versio avattuna

Asiakkaan katselmoitua alustavat suunnitelmat, kävi ilmi, että he haluavat alavalon sijoitettavan painokalvojen eli painoratojen väliin. Asiakkaan mielestä kuvan laatu kärsii, jos valo kulkee kahden painoradan läpi. Näin ollen alavalon mekaniikan suunnittelu piti aloittaa uudestaan alusta, koska konseptoitu versio ei olisi mahtunut painoratojen väliin. Kävi ilmi, että alavalon LT CL 036 ei mahdu painoratojen väliin pystyasennossa ilman mekaniikkaakaan. Niinpä alavalon piti sijoittaa painoratojen väliin vaakatasoon, ja suunnitella mekaniikka sen mukaisesti. Alavaloyksikköön piti suunnitella myös tasopeili 45° kulmaan ja sille kiinnitys.

6.3 Detaljisuunnittelu

6.3.1 Kamerayksikkö

Kamerayksikön mekaniikkaan ei ollut tarvetta tehdä detaljisuunnitteluvaiheessa enää suuria muutoksia. Kuvassa 24 on esitetty kamerayksikön toinen versio avattuna. Suunnittelun tässä vaiheessa keskityttiin ATEX-luokan vaatimusten täyttämiseen, ruuvien reikien ja ruuvitornien mitoittamiseen sekä työstettävyyden huomioon ottamiseen.



KUVA 24. Kamerayksikön toinen versio avattuna

Alin ATEX-luokka vaatii, että kotelon sisälle ei pääse pölyä, joka voisi syttyä kipinästä (12). Tämän saavuttamiseksi tulostettavaan koteloon suunniteltiin o-rengastiivistettä varten ura. Tiivistämiseen käytettiin halkaisijaltaan kahden millimetrin o-rengastiivistenauhaa. Ura mitoitettiin mitoitusohjeiden mukaan, jotka ovat liitteenä 5. O-rengastiiviste tiivistää kotelon ja pohjalevyn sekä kotelon ja takalevyn väliset pinnat, kun kotelo ruuvataan kiinni levyihin. Ikkunan saumat tiivistetään silikonilla.

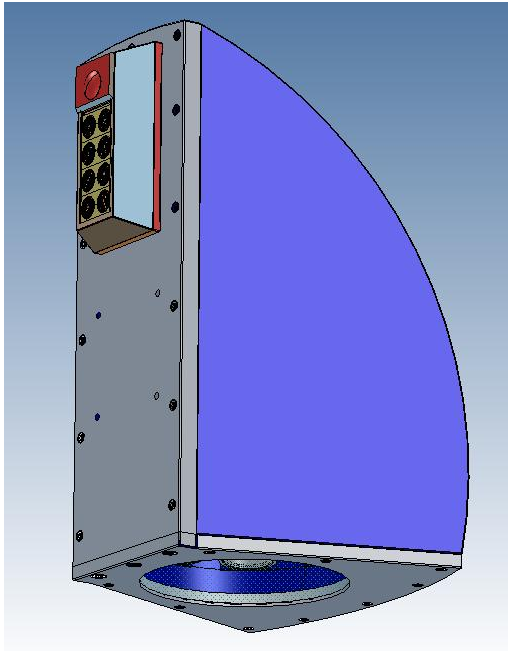
ATEX-vaatimuksesta johtojen liittimet eivät saa olla ulkopinnalla, vaan johdotukset pitää viedä tiivistettyjen läpivientien kautta mekaniikan sisälle, jossa liittimet sijaitsevat (12). Johtojen läpivientiä varten suunniteltiin aluksi erillinen koppa, joka olisi kiinnitetty takalevyyn. Liittimet olisivat olleet takalevyssä ja johdot olisi tuotu läpiviennillä läpi kopasta. Tästä ratkaisusta kuitenkin luovuttiin osin ulkonäöllisistä syistä ja osin työmäärän vähentämiseksi. Johtojen läpivientiin saatiin ratkaisu alihankintana. Ruotsalainen Roxtec-niminen yritys valmistaa johtojen ja kaapeleiden läpivienteihin suunniteltuja kehikoita ja tiivistekumeja. Heidän valikoimastaan löytyy myös valmiita ratkaisuja erityisesti räjähdysvaarallisiin tiloihin. Roxtecilta tilattiin CF8Ex, jota varten suunniteltiin takalevyyn aukko. Aukon mitoitusohjeet saatiin CF8Ex:n spesifikaatioista (liite 6).



KUVA 25. Roxtec:n läpivientiyksikkö CF8Ex (14)

Kotelo kiinnitettiin taka- ja pohjalevyyn M4-ruuveilla. Ruuvien kantoja varten levyihin tehtiin upotukset. Ikkuna pudotetaan aukkoonsa ylhäältä päin, niin että

se lepää silikonilla tiivistettävän kielekkeen päällä. Kamerayksikön kiinnitykseen haluttiin lisätä korkeuden säädin korkeuden säätämisen helpottamiseksi. Tätä varten suunniteltiin ja mitoitettiin takalevyyn ruuvien reiät. Kuvassa 26 on esitetty kamerayksikön kolmas versio, jossa on läpivienti CF8Ex mukana.

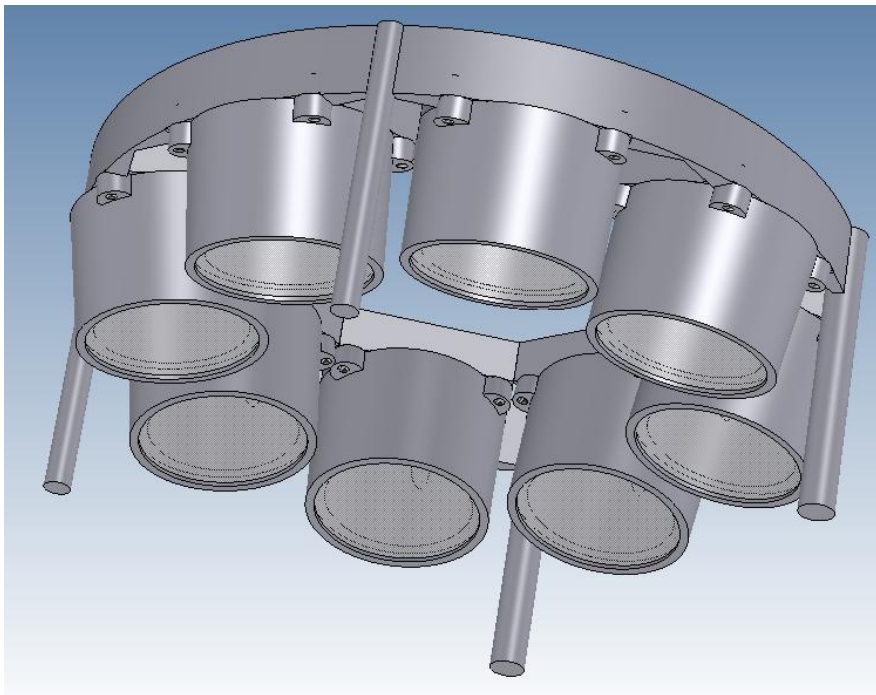


KUVA 26. Kamerayksikön kolmas versio johdotuksien läpiviennillä

6.3.2 Ledirengas

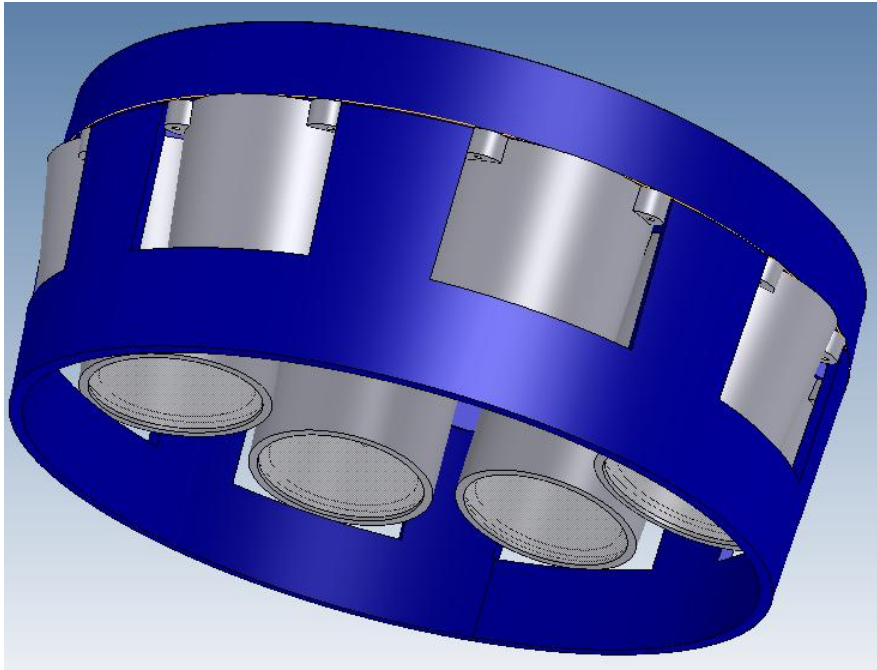
Kuten aikaisemmin todettiin, kamerayksikön mekaniikkaan haluttiin lisätä ledirengas objektiivin ympärille läpinäkymättömien painovärien käytön varalta. Aluksi ajateltiin, ettei ledirengasta suunniteltaisi itse, vaan se ostettaisiin alihankintana. Ostetun ledirenkaan käytöstä kuitenkin luovuttiin laboratoriotestien jälkeen, koska sitä ei voinut pulssittaa eikä valonsäteitä kohdistaa. Seuraavaksi mietittiin, että käytettäisiin aikaisemmassa konenäköjärjestelmässä käytettyä aiemmin suunniteltua ledirengasta, mutta se ei olisi mahtunut kamerayksikön mekaniikkaan ilman mekaniikkaan tehtäviä suuria muutoksia. Kamerayksikön mekaniikan uudelleen suunnittelu tässä vaiheessa katsottiin niin työlääksi, että parhaimpana ratkaisuna pidettiin uuden ledirenkaan suunnittelua.

Ensimmäisenä suunnitellussa versiossa (kuva 27) pyrittiin yksinkertaiseen ratkaisuun. Ledirengas koostui pohjalevystä, johon kiinnitettiin ledit. Pohjalevy oli sellaisessa kulmassa, että säteet kohdistuivat painoradalle. Linssit työnnettiin erillisiin linssikoppeihin, jotka sitten kiinnitettiin ledien päälle. Ledirengas olisi neljän tornin tukemana levännyt pohjalevyn päällä. Pohjalevyssä olisi ollut torneja varten upotukset. Tämä olisi kuitenkin jättänyt ledirenkaan ja pohjalevyn väliin tyhjää tilaa, joten alhaalta päin katsottaessa olisi kotelon sisälle nähnyt. Projektiryhmän mielestä komponentteja ja johdotuksia ei saanut olla näkyvissä. Ledirengas haluttiin umpinaiseksi.



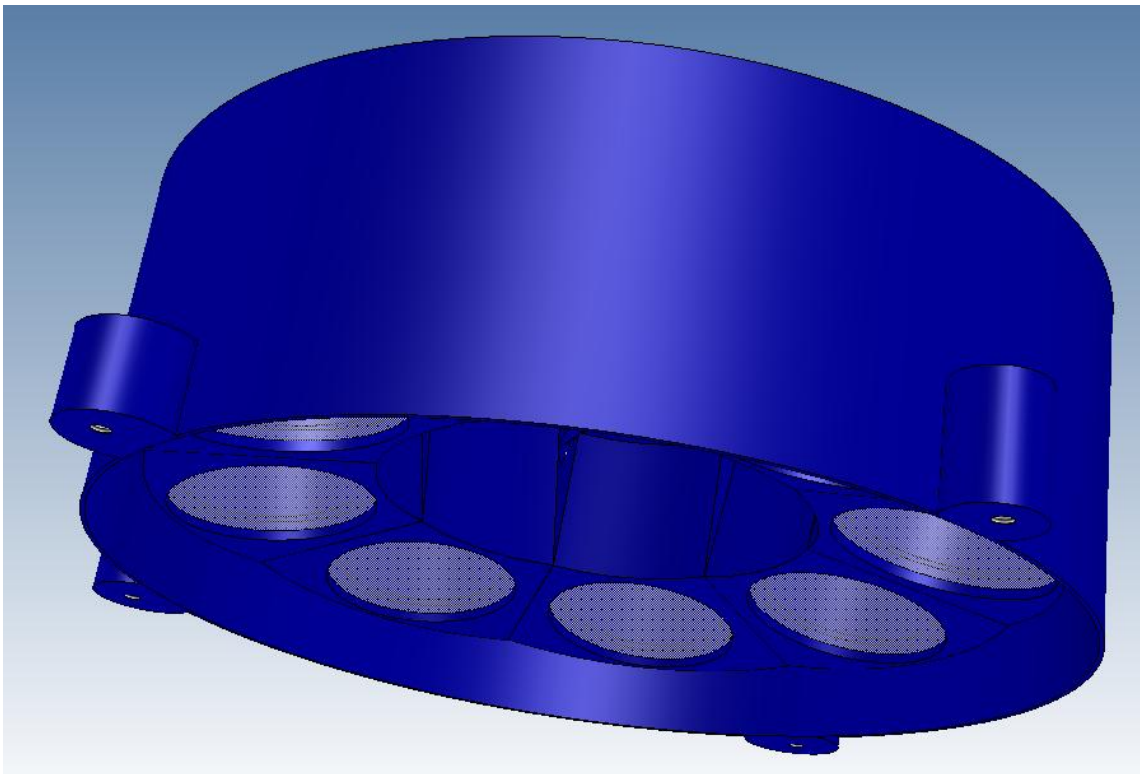
KUVA 27. Ledirenkaan ensimmäinen versio

Toisessa versiossa (kuva 28) toteutui vaatimus ledirenkaan umpinaisuudesta, mutta projektiryhmän mielestä ei riittävästi. Lisäksi ulkonäköä ei pidetty riittävän tyylikäänä.



KUVA 28. Ledirenkaan toinen versio

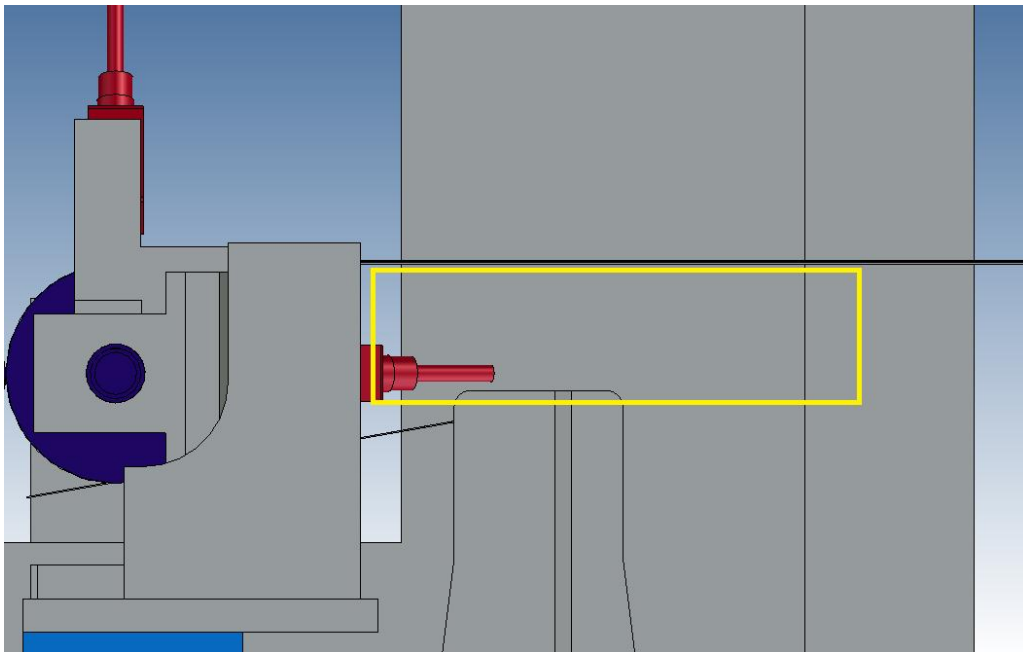
Vaatimukset täyttyivät kolmannessa ja lopullisessa versiossa, joka on esitetty kuvassa 29.



KUVA 29. Ledirenkaan kolmas versio

6.3.3 Alavaloyksikkö

Kuten aikaisemmin todettiin, alkoi asiakkaan vaatimuksesta alavalon mekaniikan suunnittelu konseptivaiheen jälkeen alusta. Alavaloyksikön sijoittaminen kahden painoradan ja painotelojen väliin osoittautui hyvin haasteelliseksi. Sijainti oli vaikea ja tila ahdas. Alavallo yksinään olisi jo täyttänyt suurimman osan tilasta, joten mekaniikalle sen ympärille jäi vähän tilaa. Uusi tilavaraus on esitetty kuvassa 30.

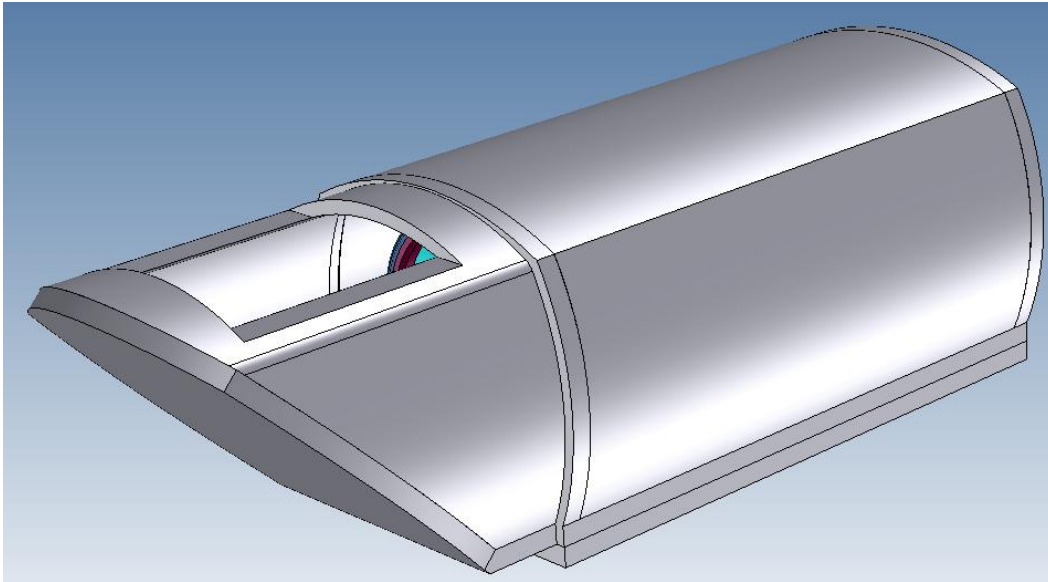


KUVA 30. Asiakas halusi alavaloyksikön sijoitettavan painoratojen väliin

Alavaloyksikön sijoituspaikka ei mahdollistanut kovinkaan paljoa pelivaraa mekaniikan ulkonäön suunnittelulle. Kuitenkaan ei riittänyt saada vain koteloa alavalon ympärille, vaan suunnitteluvaatimuksena oli, että sen piti myös näyttää hyvältä. Oli haastavaa saada mekaniikka näyttämään joltain muultakin kuin vain lieriöputkelta. Oli niin ikään haastavaa saada pystyasennossa olevaa kamerayksikköä ja vaakatasossa olevaa alavaloyksikköä näyttämään ulkonäöllisesti yhtenäiseltä kokonaisuudelta.

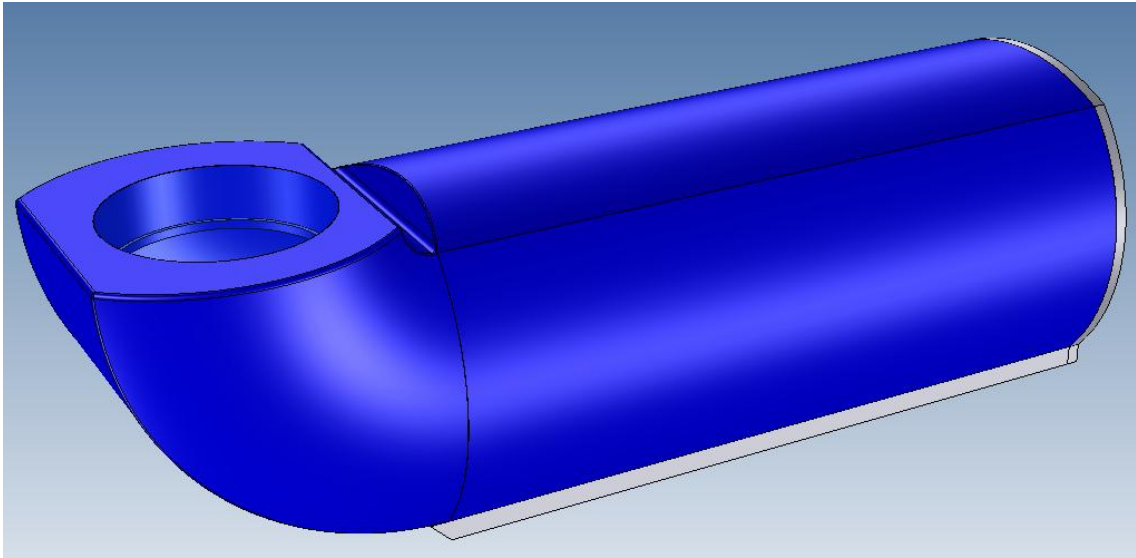
Ensimmäisessä suunnitellussa versiossa (kuva 31) ajateltiin modulaarisuutta eli tasopeiliosa olisi erillinen komponentti, joka asennetaan silloin, kun alavaloyksikköä käytetään vaakatasossa. Muissa tilanteissa alavaloyksikköä

voitaisiin käyttää ilman peiliosaa pystyasennossa. Modulaarisuudesta luovuttiin kuitenkin osin tiukan aikataulun vuoksi ja osin sen vuoksi, että tilanteissa, joissa alavaloyksikköä voidaan käyttää pystyasennossa, käytetään aikaisemmin suunniteltua konseptia (kuva 22).



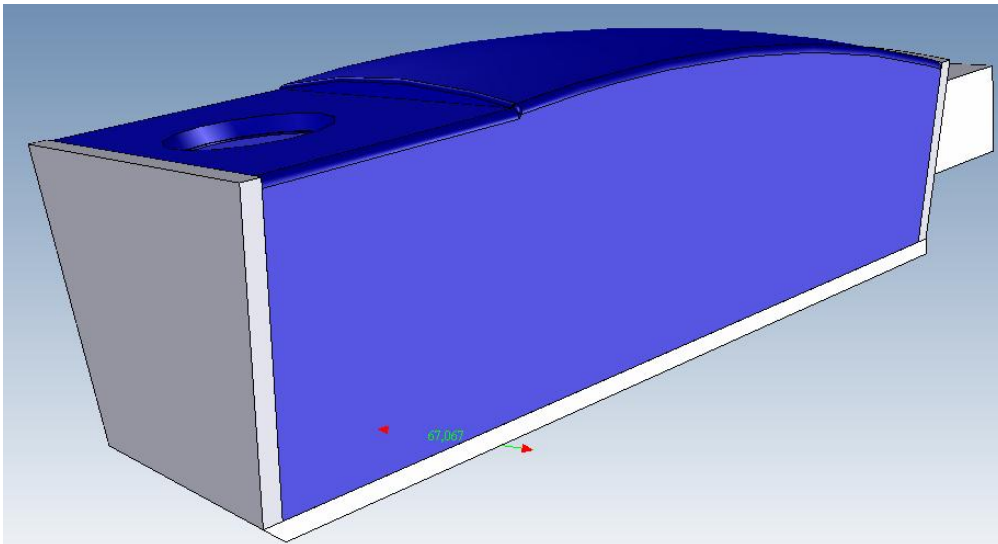
KUVA 31. Vaakatasoon lasennettavan alavaloyksikön ensimmäinen versio

Ensimmäinen versio ei myöskään miellyttänyt ulkonäöllisesti. Se ei toistanut samaa muotokieltä kamerayksikön kanssa. Seuraavaan versioon pyrittiin hakemaan yhtenäistä linjaa kamerayksikön kanssa (kuva 32). Siihen saatiinkin jatkumaan kamerayksikön pyöreys, mutta ulkonäkö ei miellyttänyt projektiryhmää. Lisäksi toisessa versiossa katsottiin olevan tiivistämisen kannalta vaikeita kohtia.

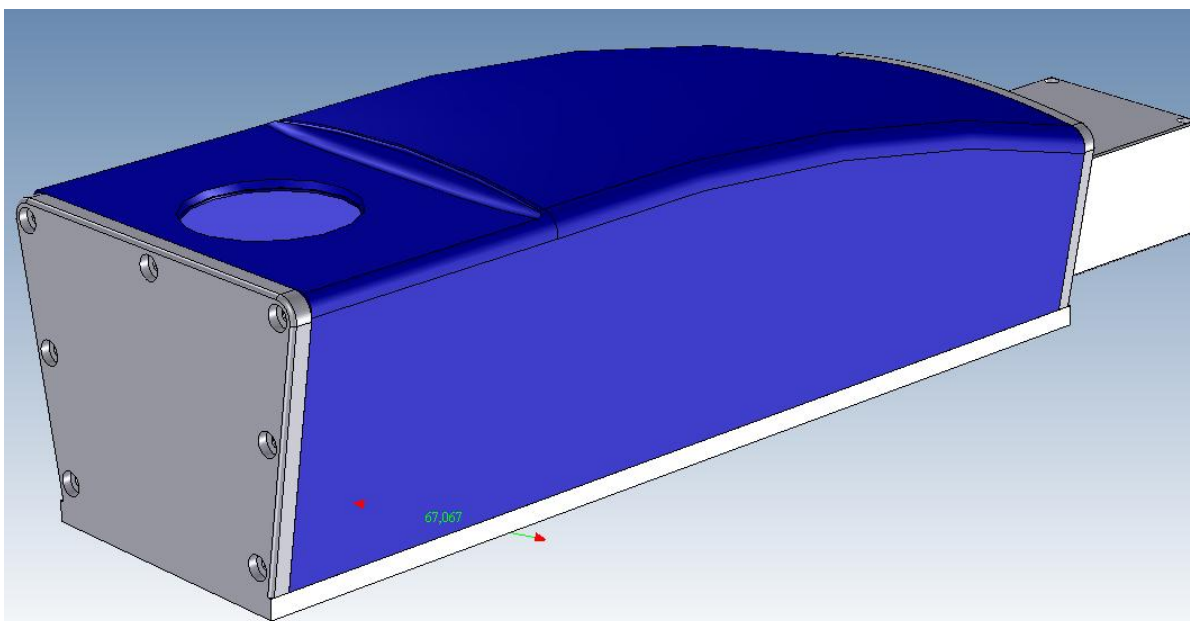


KUVA 32. Vaakatasoon asennettavan alavaloyksikön toinen versio

Seuraavaa versiota lähdettiin suunnittelemaan siitä lähtökohdasta, että tehdään alavaloyksiköstä kamerayksikön näköinen, mutta pienempänä ja vaakatasossa. Aluksi suunniteltiin karkea versio konseptin esittämistä varten projektiryhmälle (kuva 33). Kolmas versio oli perusajatukseltaan hyväksyttävä, joten neljänteen versioon pyöristettiin kulmia ja paranneltiin ulkonäköä (kuva 34).



KUVA 33. Vaakatasoon asennettavan alavaloyksikön kolmas versio



KUVA 34. Vaakatasoon asennettavan alavaloyksikön neljäs versio

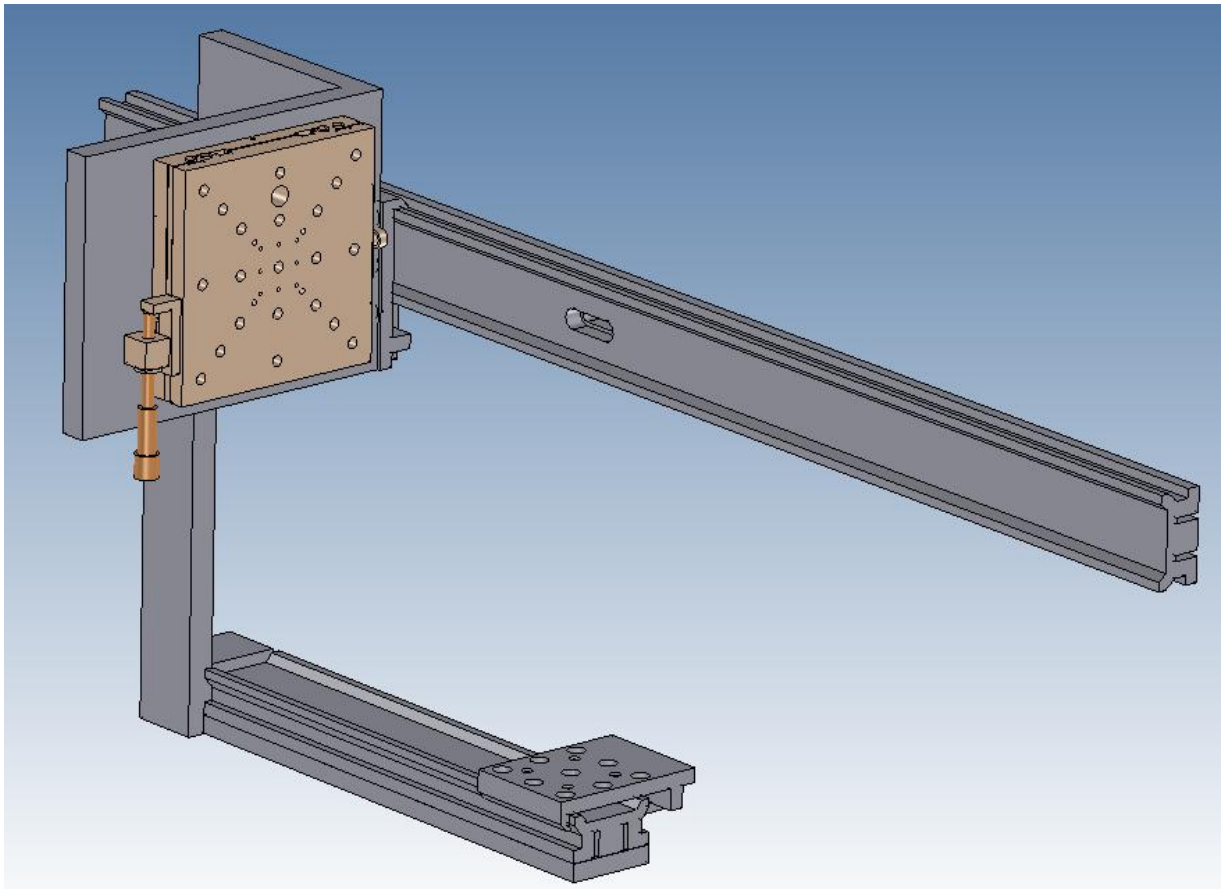
Läpiviennit totutettiin Roxtecin tiivistekumeilla CM 20w40. Kotelo niitä varten suunniteltiin itse. Läpivientikotelo näkyy kuvissa 33 ja 34 alavaloyksikön perässä harmaana. Kotelon ja pohjalevyn sekä kotelon ja takalevyn väliset pinnat tiivistettiin o-rengastiivistenauhalla kuten kamerayksikkökin. Ikkuna pudotetaan ylhäältä päin aukkoonsa, jossa se lepää kielekkeen päällä. Ikkuna tiivistetään silikonilla. Tasopeilille suunniteltiin kiinnitys.

6.3.4 Kiinnitys painokoneeseen

Konenäköjärjestelmä suunniteltiin aluksi sijoitettavan painokoneeseen niin, että kamerayksikön kotelon pyöreä pinta on käyttäjään päin ja alavaloyksikön pituussuunta on kohtisuorassa painorataan nähden. Kamerayksikkö ja alavaloyksikkö olisivat olleet yhteydessä toisiinsa U:n muotoisella kiinnitysmekaniikalla ja liikkuneet samanaikaisesti painorataan nähden.

Asiakas kuitenkin suunnitteli uuden painoyksikön ja sijoitti siihen antureita tarkkailemaan painotelaa. Nämä muutokset muuttivat konenäköjärjestelmän tilavarausta. Kamera- ja alavaloyksikköihin ei ollut tarvetta tehdä muutoksia, mutta alavaloyksikkö piti kääntää painoradan suuntaiseksi, muuten se olisi liikkueensa osunut antureihin.

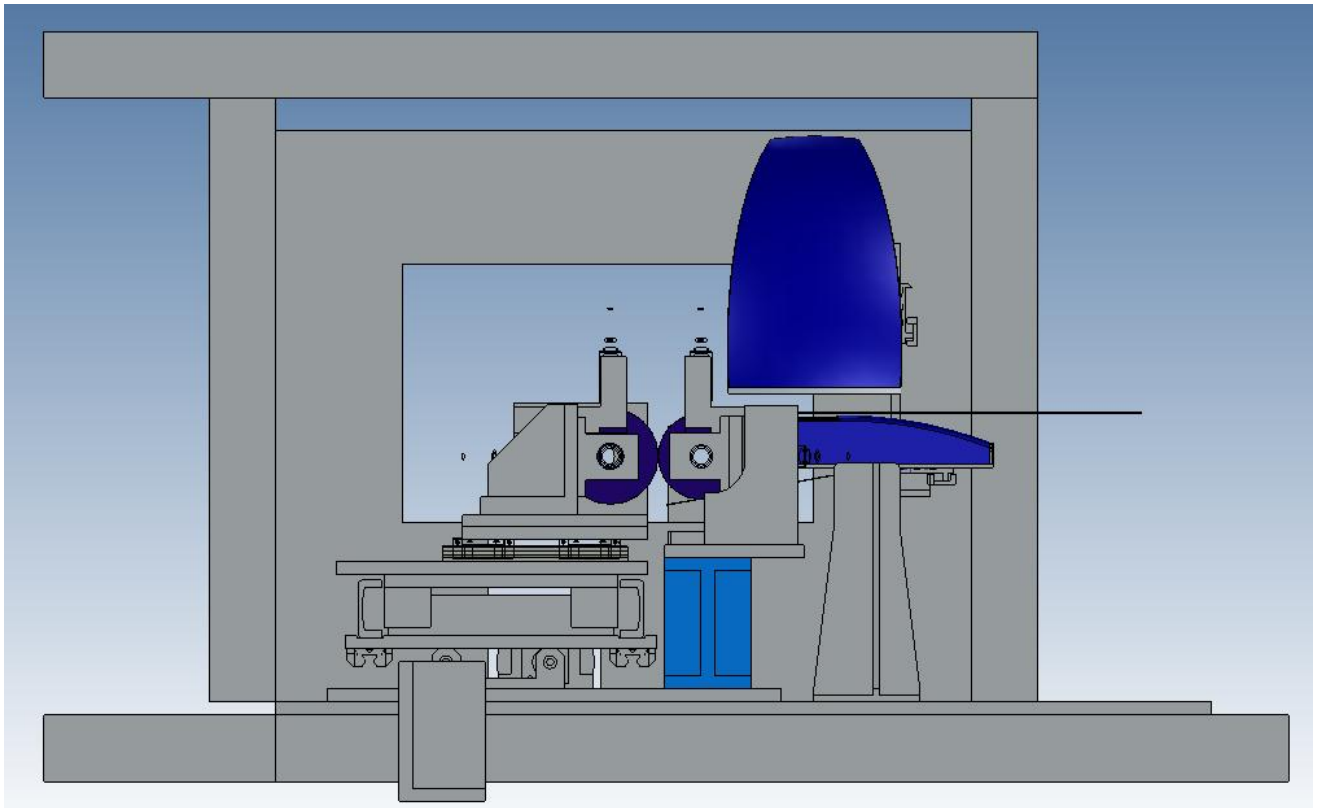
Painoyksikköön tehdyt muutokset, ajanpuute sekä mahdolliset uudet painoyksikköön tehtävät muutokset johtivat siihen, että tämän opinnäytetyön osalta kiinnitys ja tuenta painokoneeseen suunniteltiin suunnitelmista poiketen vain konseptitasolle asti. Konenäköjärjestelmän liikutteluun painoradan suhteen käytetään kahta CVI Melles Griotin kiskoa 07ORN003 ja kolmea CVI Melles Griotin kelkkaa 07OCN883. Kamerayksikköön käytetään kahta kelkkaa sen suuren koon vuoksi. Alavaloyksikölle riittää yksi kelkka. Kiinnityksen tarkempi suunnittelu jäi tehtäväksi myöhemmin. (Kuva 35).



KUVA 35. Kiinnitys- ja liikuttelumekaniikan alustava versio

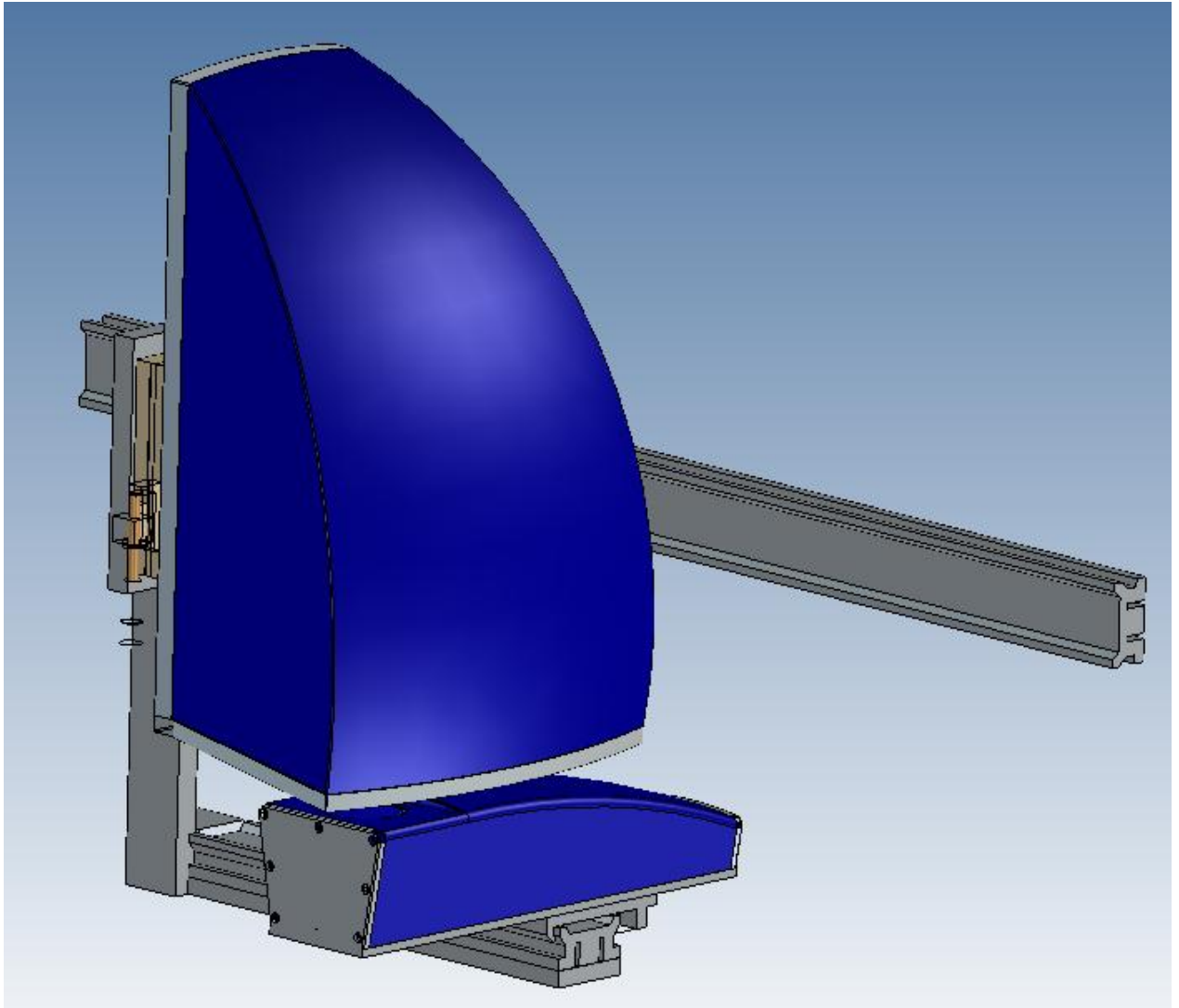
7 MEKANIKKASUUNNITTELUN LOPPUTULOKSET

Mekaniikkasuunnittelun lopputuloksena syntyi toteuttamiskelpoinen ja vaatimukset täyttävä mekaniikka konenäköjärjestelmälle. Konenäköjärjestelmä on esitetty kuvassa 36 sijoitettuna painokoneympäristöön.



KUVA 36. Lopullinen versio konenäköjärjestelmästä painokoneympäristössä

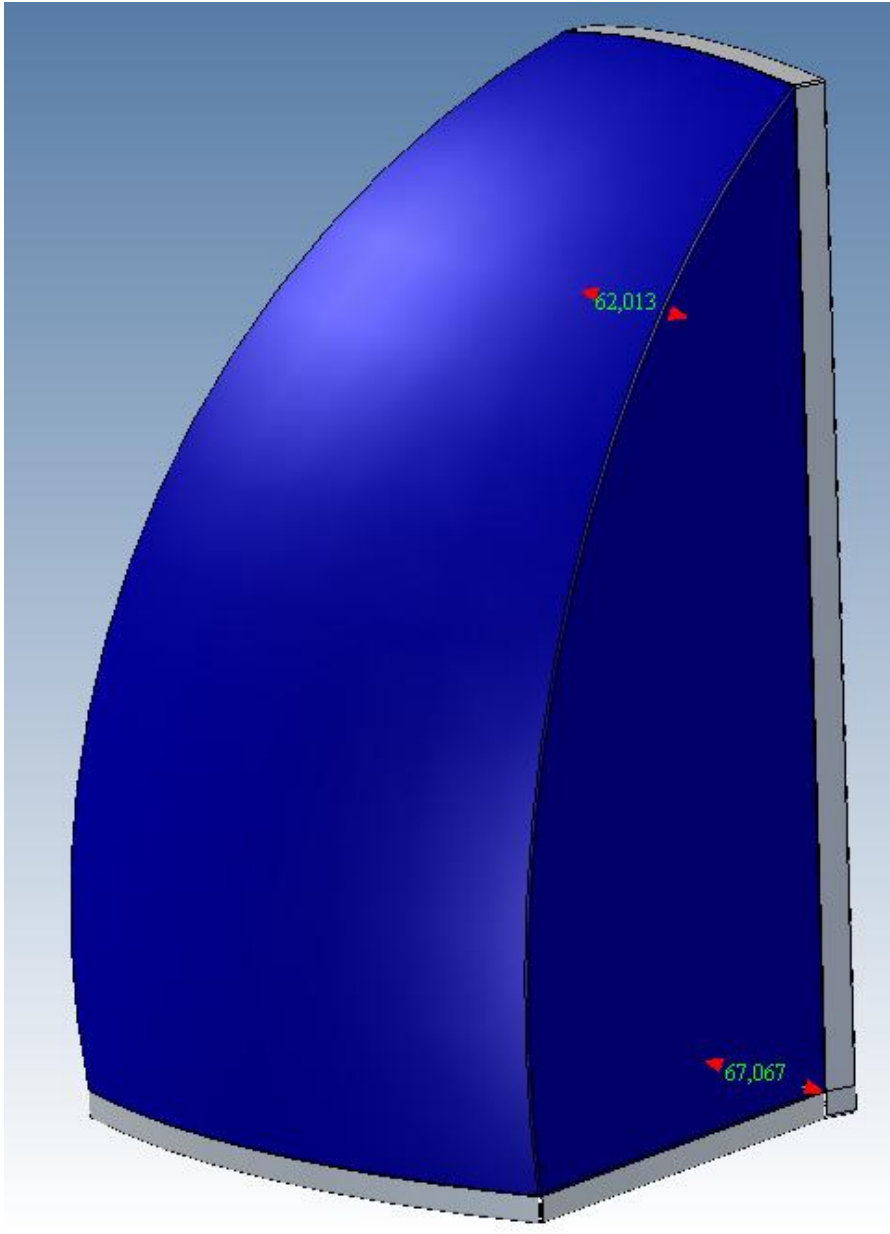
Kuvassa 37 konenäköjärjestelmä on esitetty painokoneympäristön ulkopuolella havainnollistavammasta kuvakulmasta.



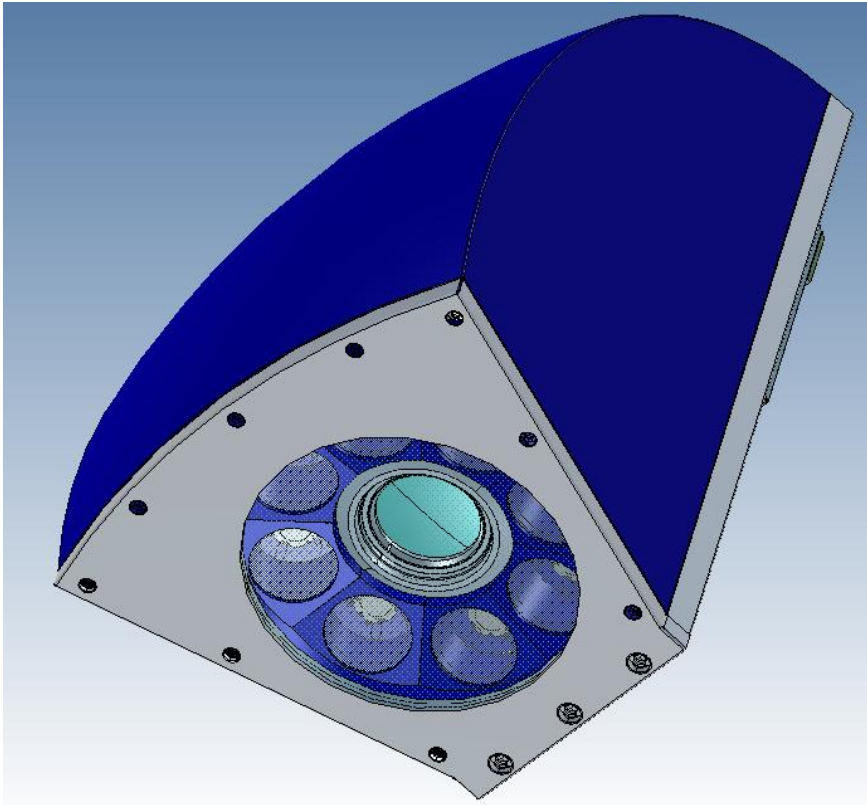
KUVA 37. Konenäköjärjestelmä

7.1 Kamerayksikkö

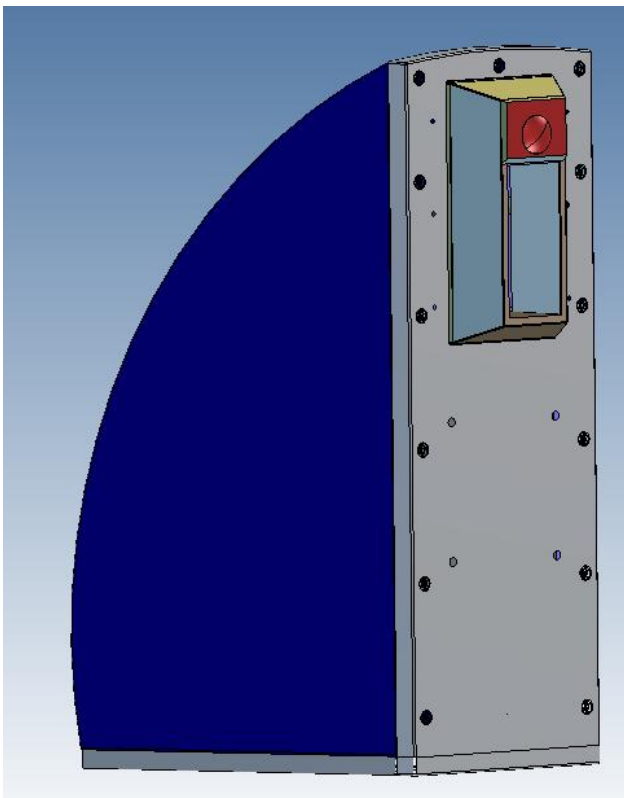
Kamerayksikkö pysyi läpi suunnitteluprosessin perusmuodoltaan hyvin samanlaisena kuin mitä se oli ideointivaiheessa. Kuvissa 38 - 40 on esitetty kamerayksikköä eri kuvakulmista. Takalevy ja pohjalevy ovat alumiinia. Kotelo osa tulostetaan 3D-tulostimella kahdessa osassa, koska se olisi liian suuri tulostettavaksi yhtenä kappaleena. Tulostusmateriaalin väriksi valittiin musta. Koteloon tullaan jatkossa lisäämään VTT:n logo. Kun on tarve päästä käsiksi komponentteihin, kotelo-osa nostetaan pois paikoiltaan.



KUVA 38. Kamerayksikkö

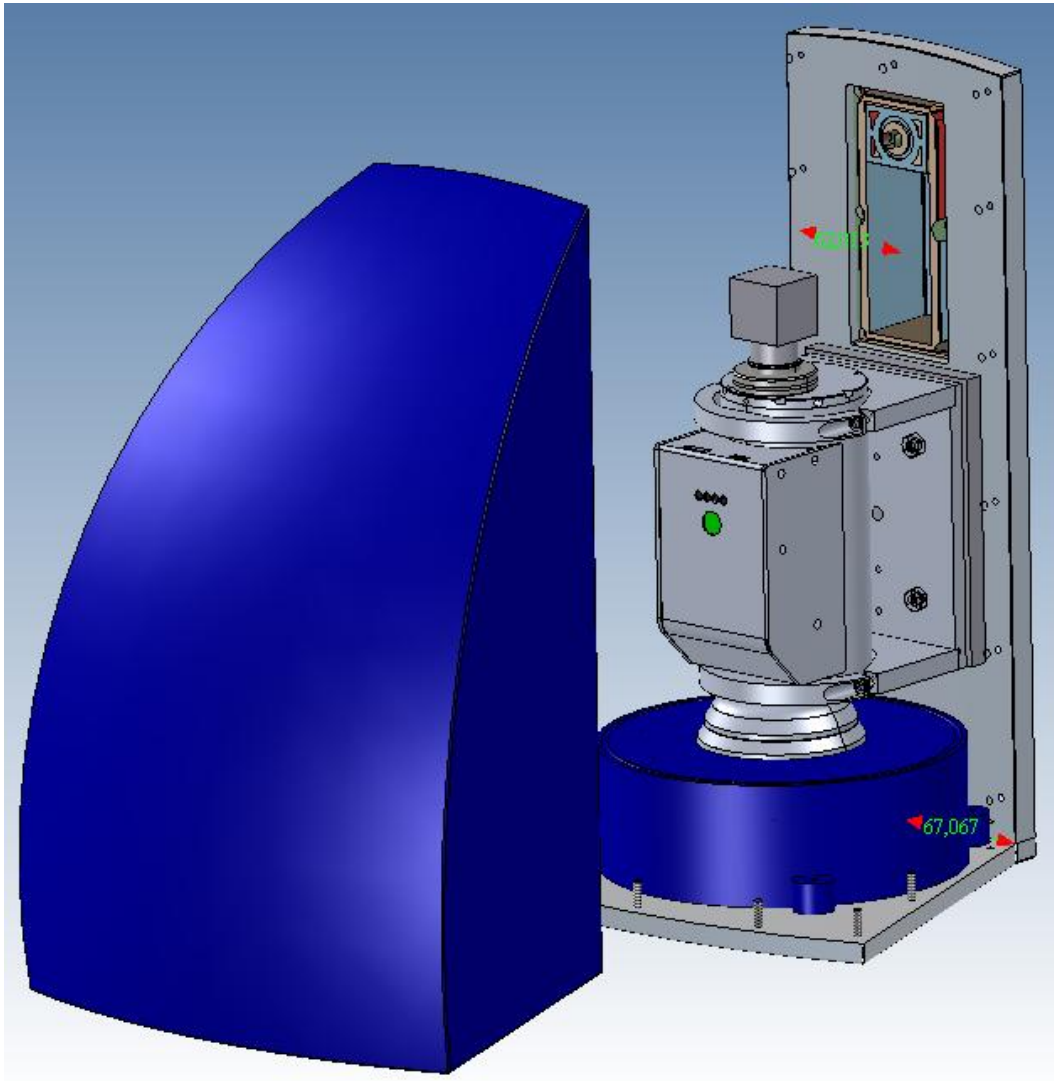


KUVA 39. Kamerayksikkö alhaalta päin kuvattuna



KUVA 40. Kamerayksikkö takaapäin kuvattuna

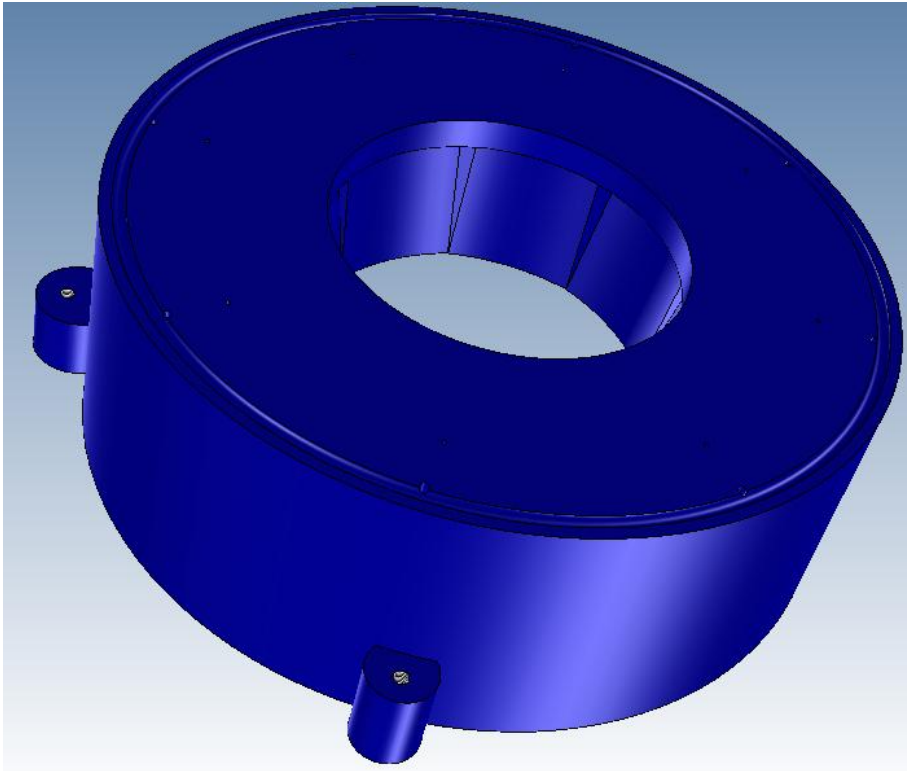
Kuvassa 41 on kamerayksikkö esitetty avattuna. Kuvassa näkyvät kamera, objektiivi ja ledirengas sijoitettuina kotelon sisälle.



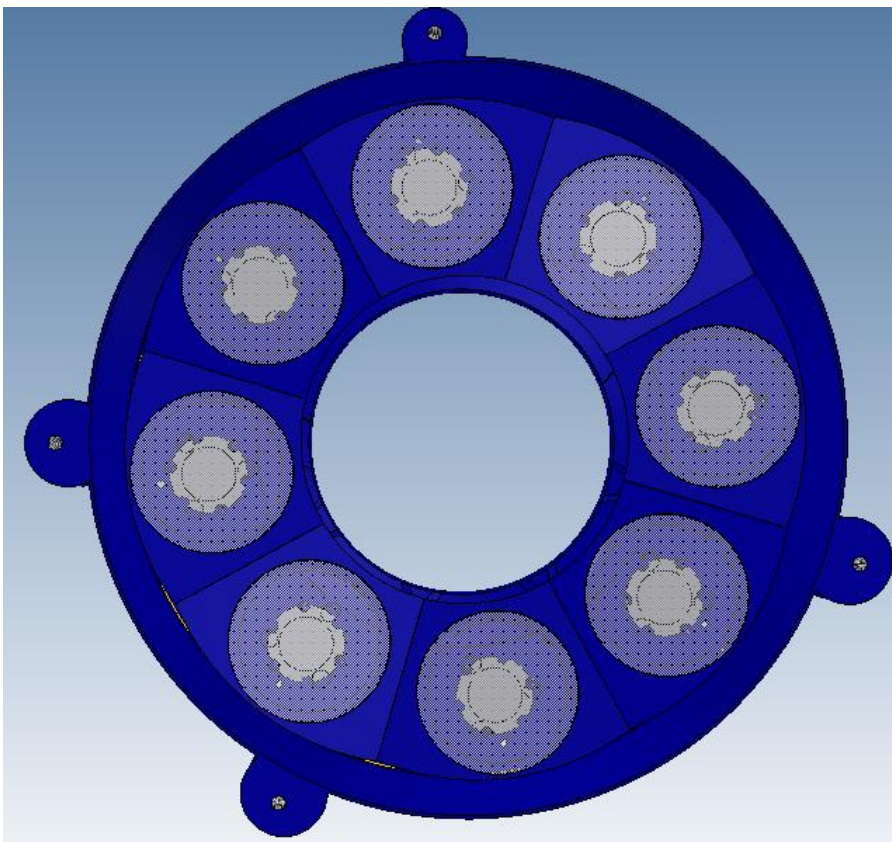
KUVA 41. Kamerayksikkö avattuna

7.2 Ledirengas

Mekaniikkasuunnittelun lopputuloksena syntyi 3D-tulostuksella valmistettava ledirengas, joka koostuu rungosta, linssikoteloista, ledeistä ja linseistä. Näistä runko ja linssikotelot valmistetaan itse. Tulostusmateriaalin väriksi valittiin musta. Ledirenkaan lopullinen versio on esitetty kuvissa 42 ja 43 eri kuvakulmista.

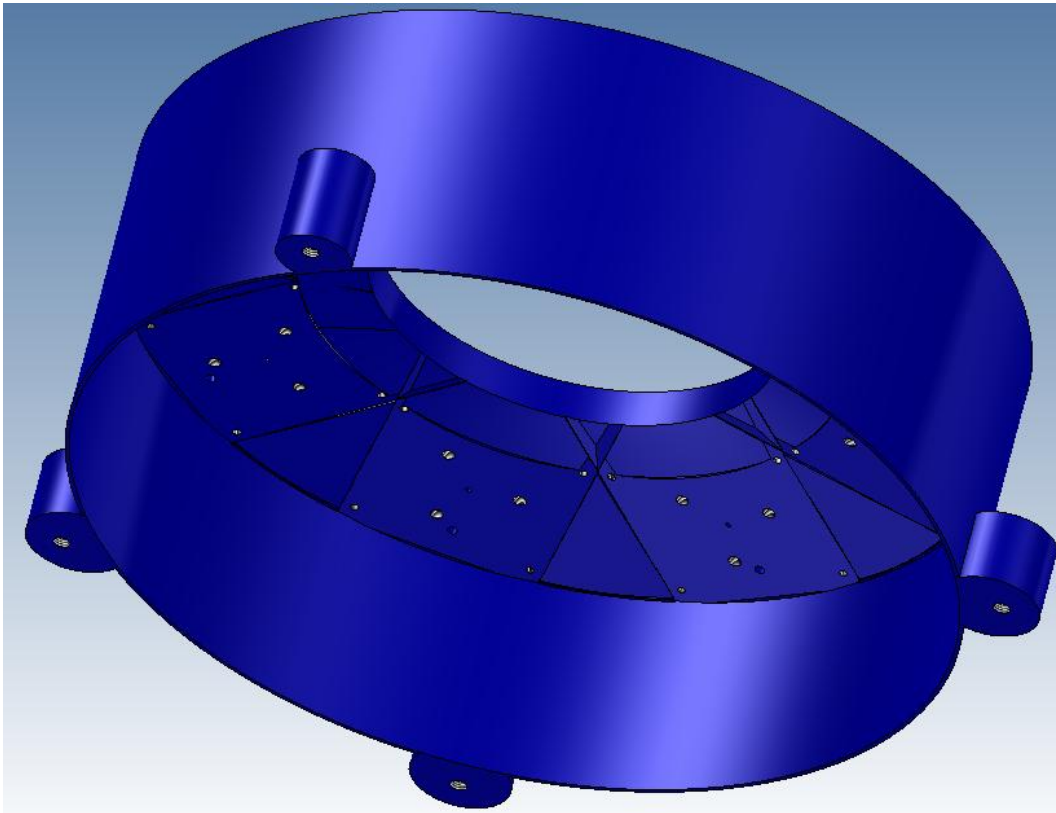


KUVA 42. Ledirengas

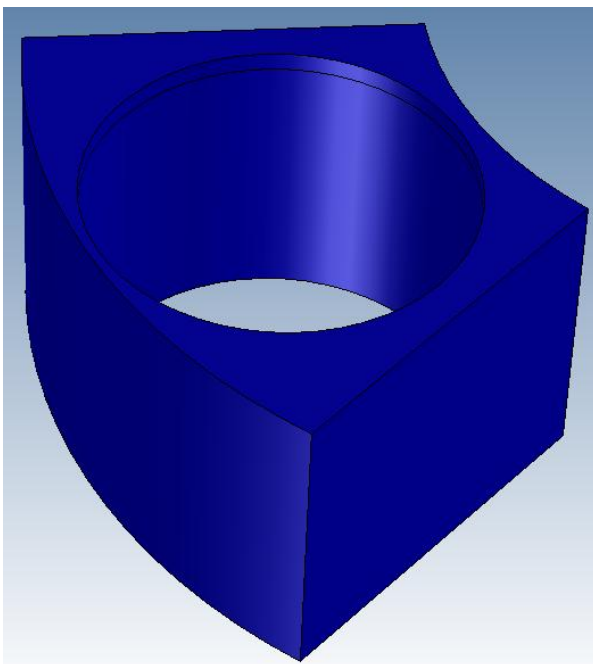


KUVA 43. Ledirengas kuvattuna alhaalta päin

Kuvassa 44 on esitetty ledirenkaan runko ilman linssettä, ledejä ja linssikoteloja.
Kuvassa 45 on esitetty linssikotelo, joita ledirenkaassa on kahdeksan.



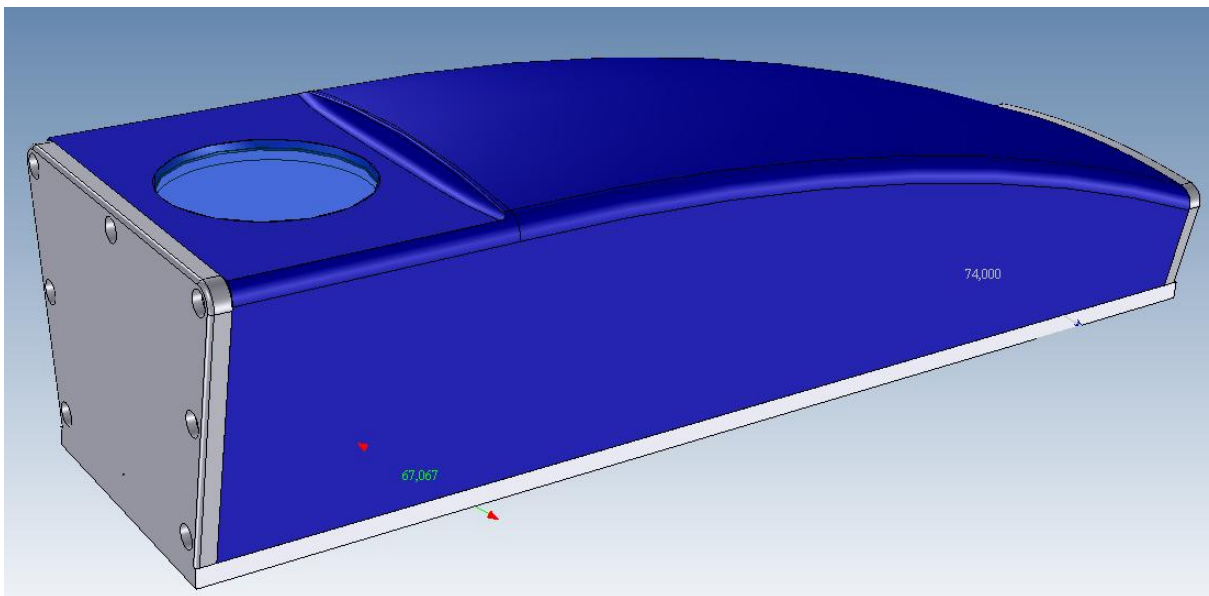
KUVA 44. Ledirenkaan runko



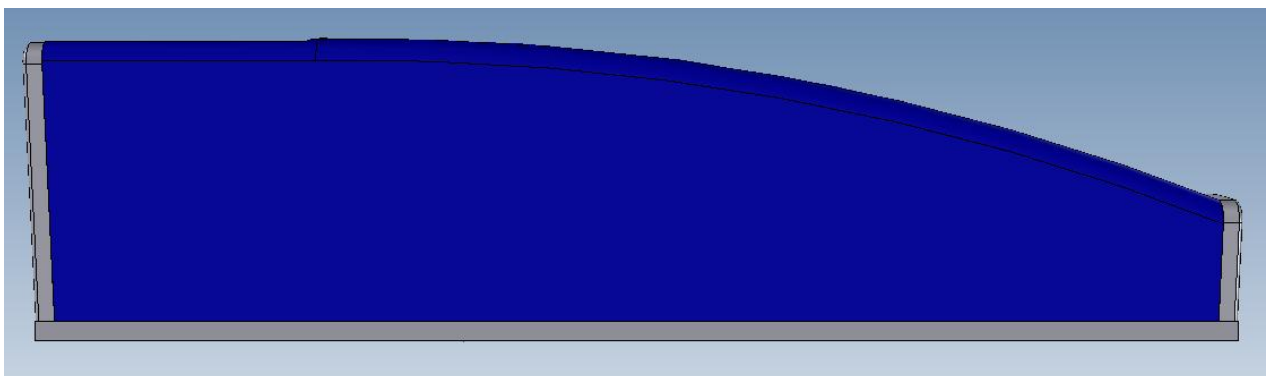
KUVA 45. Linssikotelo

7.3 Alavaloyksikkö

Mekaniikkasuunnittelun lopputuloksena syntyi alavaloyksikkö, joka koostuu alumiinista valmistettavista etulevystä, takalevystä ja pohjalevystä sekä 3D-tulostettavasta kotelosta (kuvat 46 ja 47). Kotelon tulostusväriksi valittiin musta. Alavaloyksikkö muuttui vielä loppuvaiheessa neljännessä versiossa niin, että koteloä pidennettiin ja läpivientikotelo saatiin näin ollen kotelon sisälle. Alavaloyksikön yhteydessä piti suunnitella myös kiinnitys alavalolle, koska alavalon mukana hankittu kiinnitys oli liian iso. Lisäksi läpivientikumia varten piti suunnitella läpivientikotelo ja tasopeiliä varten tuki.

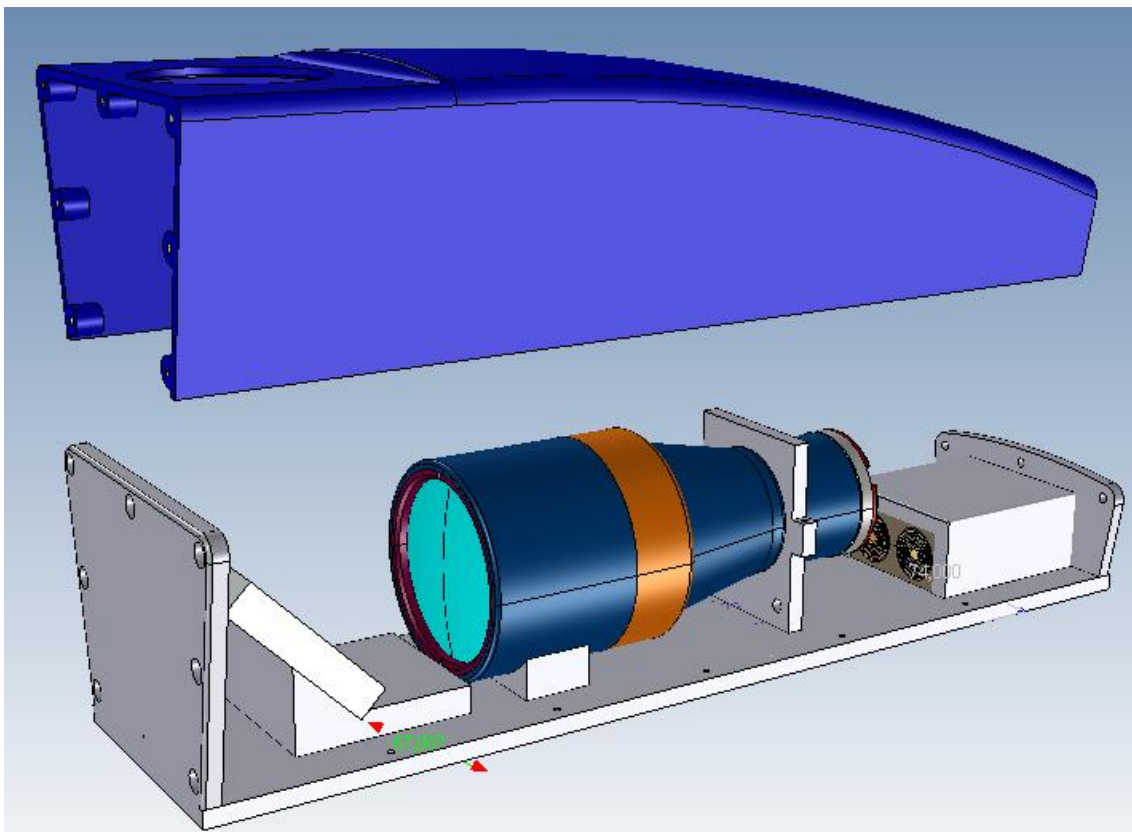


KUVA 46. Alavaloyksikkö



KUVA 47. Alavaloyksikkö sivulta kuvattuna

Alavalon kiinnitys, läpivientikotelo ja peilin tuenta näkyvät kuvassa 48, jossa alavaloyksikkö on esitetty avattuna.



KUVA 48. Alavaloyksikkö avattuna

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin mekaniikka konenäköjärjestelmälle ja sen kiinnitys painokoneeseen. Suunnittelutyö tehtiin tietokoneavusteisella 3D-suunnitteluohjelmalla IronCAD. Laitteiston piti täyttää ATEX-direktiivin alimman luokan vaatimukset. Lisäksi laitteiston piti olla tyylikäs ja myyvän näköinen, koska laitteistoa tultaisiin esittelemään messuilla ja muissa asiakastapaamisissa tavoitteena uusien asiakkaiden saaminen.

Suunnittelutyön tuloksena syntyi hyvä ja toimiva mekaniikka, joka vastasi hyvin tavoitteita. Mekaniikan ulkonäkötaavoitteet täytettiin hyvin etenkin kamerayksikön suunnittelun osalta. Projektiryhmä antoi kiitosta pyöreän muodon ja suorien tasojen rohkeasta yhdistelmästä. Lopullinen totuus mekaniikan ulkonäön onnistumisesta selviäisi vasta asiakaspalautteista, mutta ne eivät ehtineet tähän opinnäytetyöhön.

Kiinnitysmekaniikan suunnittelun osalta jäätii tavoitteista aikataulun ja painokoneyksikön muutoksien vuoksi. Oli tiedossa, että painekoneyksikköön tulee vielä muutoksia. Kiinnitysmekaniikan tarkempaa suunnittelua varten näistä muutoksista olisi pitänyt saada tieto. Aikataulun vuoksi tietoja ei ollut aikaa jäädä odottamaan. Kiinnitysmekanismista suunniteltiin tässä opinnäytetyössä alustava versio, mutta sen yksityiskohtainen suunnittelu siirrettiin VTT:n insinööri Jari Mäkelälle.

Lähtötietomuistiota (liite 7) täytettäessä aloituspalaverissa oli lähtökohtana, että opinnäytetyö olisi ollut valmis joulukuussa 2013. Aikataulu venyi huomattavasti tavoiteaikataulusta. Iso viivästyksen aiheuttaja oli asiakkaan painokoneyksikköön tekemät muutokset. Lopullisen painokoneyksikön piirustuksia jouduttiin odottamaan helmikuuhun 2014. Osa syy viivästyksessä oli myös raportin kirjoittamisen venymisellä, joka johtui perhe-elämään liittyvistä syistä.

Suunnittelutyön kannalta haastavaksi osoittautui muutokset rajoittaviin tekijöihin kesken projektin. Esimerkiksi alavaloyksikön sijoituskohta painokoneyksikössä muuttui täysin, joka johti siihen, että sen osalta suunnittelutyö piti aloittaa

uudestaan aivan alusta. Suunnittelutyön alkuvaiheessa piti tehdä konseptisuunnittelua ilman tietoa, millaiseen tilaan laitteisto tullaan sijoittamaan, eikä laitteiston komponenttien valintaakaan ollut alussa lyöty lukkoon.

Opinnäytetyön aihe oli työläs ja haasteellinen, mutta työmäärältään riittävä yhteen opinnäytetyöhön. Tässä työssä sai hyvän käsityksen täysin alusta suunniteltavan laitteen suunnittelutyöstä. Muutoksiin pitää varautua, koska niitä tulee aina, etenkin tällaisessa alkuvaiheen suunnittelutyössä, kun ollaan luomassa jotain uutta. Muutokset ja uudelleen piirtäminen ja suunnittelu ovat todellakin suunnittelutyön arkipäivää.

Jatkossa voisi alavaloyksikön ensimmäisen konseptin suunnitella valmiiksi asti. Sitä käytettäisiin toisissa projekteissa, joissa alavalon voi asentaa pystyasentoon. Jatkokehitystä jäi odottamaan myös kiinnitysmekanismi, josta olisi mahdollista lisäsuunnittelulla saada tyylikkäämmän näköinen.

LÄHTEET

1. Ahvenainen, Marko – Hietanen, Olli – Huhtanen, Heikki 2009. Tulevaisuus paketissa. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. TUTU-julkaisuja 2/2009. Turku: Turun kauppakorkeakoulu. Saatavissa: https://www.utu.fi/fi/yksikot/ffrc/julkaisut/tutu-julkaisut/Documents/Tutu_2009-2.pdf. Hakupäivä 4.5.2014.
2. Oulussa painetaan älyä massatuotantona. 2014 VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/references/printed_intelligence_on_industrial_scale.jsp?lang=fi. Hakupäivä 4.5.2014.
3. Jääskä, Jaakko 2013. Painettavan elektroniikan ratakameran ohjelmointi. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, tietotekniikan osasto.
4. Telecentric lenses tutorial – basic information and working principles. 2013. Opas. Opto engineering. Saatavissa: <http://www.opto-engineering.com/resources/telecentric-lenses-tutorial>. Hakupäivä 5.5.2014.
5. Ahlroth, Harri 16.9.2010. Konenäköjärjestelmät. PowerPoint-diasarja. Oy Delta-Enterprise Ltd. Espoo. Saatavissa: https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-116.1100/luennot/AS-116_1100_luentokalvot__konenako.pdf. Hakupäivä 5.5.2014.
6. Multi mag optics – one product, multiple optical magnifications, infinite flexibility. 2013. Esite. Opto engineering. Saatavissa: <http://www.opto-engineering.com/products/multi-mag-family>. Hakupäivä 5.5.2014.
7. Konenäkö robotin ohjauksessa. Automaatiotekniikan laboratorio, Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa: http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teorja.pdf. Hakupäivä 5.5.2014.
8. Konenäkö. Opetushallitus. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/etusivu.html>. Hakupäivä 5.5.2014.

9. UI-5480CP. Esite. IDS Imaging Development Systems GmbH. Saatavissa: <http://en.ids-imaging.com/store/ui-5480cp.html>. Hakupäivä 5.5.2014.
10. TCZR 036. 2013. Esite. Opto engineering. Saatavissa: <http://www.opto-engineering.com/produits/tczt-model-TCZR036>. Hakupäivä 5.5.2014.
11. LTCL 036-G. 2013. Esite. Opto engineering. Saatavissa: <http://www.opto-engineering.com/produits/telecentric-illuminator-model-LTCL036-g>. Hakupäivä 5.5.2014.
12. SFS-EN 60079-14. 2003. Kaasuräjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteet. Osa 14: Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset (ei koske kaivoksia). Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
13. NBS 1963a resolution target. 2014. Esite. Edmund optics. Saatavissa: <http://www.edmundoptics.com/testing-targets/test-targets/resolution-test-targets/nbs-1963a-resolution-target/1882>. Hakupäivä 5.5.2014.
14. Flexible cable sealing solutions for Ex applications – Ex product catalogue. 2009. Tuotekuvasto. Roxtec. Saatavissa: http://www.roxtec.com/ROX_StreamFile.php?id=25177. Hakupäivä 5.5.2014.
15. CMHOTCZR. 2013. Esite. Opto engineering. Saatavissa: <http://www.opto-engineering.jp/brochure/CMHOTCZR.pdf>. Hakupäivä 9.5.2014.
16. Sealing elements – 12. O-ring gland design. Suunnitteluopas. Eriks. Saatavissa: <http://o-ring.info/en/technical%20manual/ERIKS%20-%20Technical%20Manual%20-%20O-Ring%20Gland%20Design%20Information.pdf>. Hakupäivä 9.5.2014.

LIITTEET

Liite 1 UI-5480CP-C-HQ:n spesifikaatit

Liite 2 TCZR 036:n spesifikaatit

Liite 3 CMHOTCZR:n spesifikaatit

Liite 4 LTCL 036:n spesifikaatit

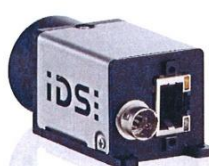
Liite 5 O-rengastiivisteuran mitoitusaulukko

Liite 6 CF8Ex:n spesifikaatit

Liite 7 Lähtötietomuistio



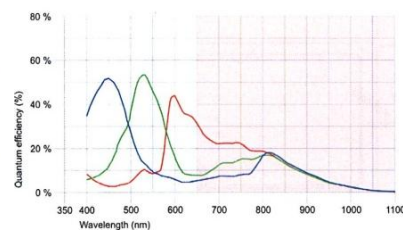
UI-5480CP-C-HQ



Specification

Sensor

Sensor Technology	CMOS Color
Manufacturer	Aptina
Resolution (h x v)	2560 x 1920
Color depth (sensor)	12 bit
Color depth (camera)	12 bit
Pixel Class	5 MP
Sensor Size	1/2"
Shutter	Rolling shutter/Global start shutter
max. fps in Freerun Mode	14.1
Binning Modes	Color
Subsampling Modes	Color
Sensor Model	MT9P031STC
Pixel size	2.2 µm
Optical Size	5.632 mm x 4.224 mm



Design

Interface	GigE
Lens Mount	C-Mount
I/O In	1 x Opto-decoupled
I/O Out	1 x Opto-decoupled
I/O RS-232	-
I/O GPIO	-
I/O I2C	-
Protection Class	IP30
Dimensions H/W/L	29.0 mm x 29.0 mm x 40.5 mm
Mass	61 g
Power supply	12V - 24V or PoE

Subject to technical modifications

Page 1 of 2

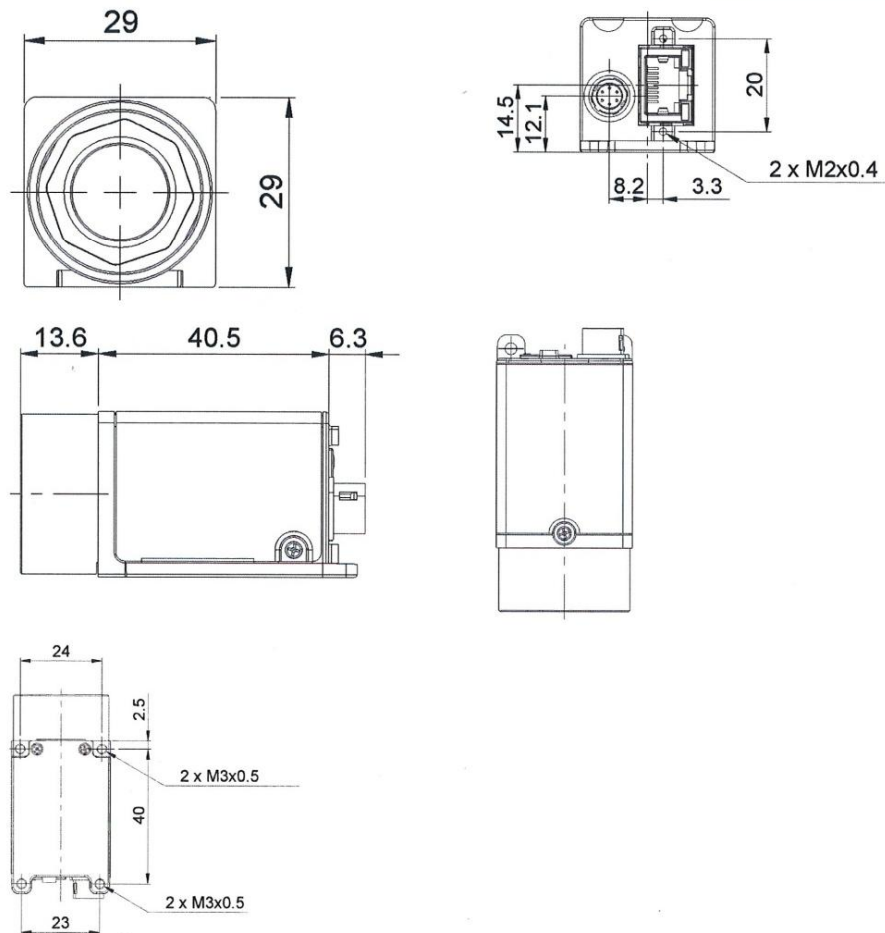
<http://www.ids-imaging.com>

IDS Imaging Development Systems GmbH

Dimbacher Straße 6 - 8 · 74182 Obersulm · Phone +49 7134/96196-0 · Fax +49 7134/96196-99 · E-Mail info@ids-imaging.de



UI-5480CP-C-HQ



Subject to technical modifications

Page 2 of 2

<http://www.ids-imaging.com>

IDS Imaging Development Systems GmbH

Dimbacher Straße 6 - 8 · 74182 Obersulm · Phone +49 7134/96196-0 · Fax +49 7134/96196-99 · E-Mail info@ids-imaging.de

PRODUCT DATASHEET

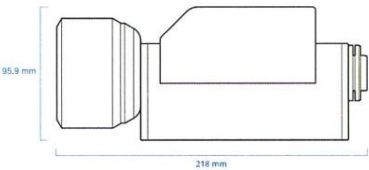


Multi Mag optics | TCZR series | TCZR 036

TCZR 036

Bi-telecentric zoom with motorized controls, magnification 0.25x to 2x, for detectors up to 2/3"

Magnification	(x)	0.250	0.500	1.000	2.000
Object field of view		(mm x mm)			
with 1/3" detector (4.8 x 3.6 mm)		19.2 x 14.4	9.6 x 7.2	4.8 x 3.6	2.4 x 1.8
with 1/2.5" detector (5.70 x 4.28 mm)		22.8 x 17.1	11.4 x 8.5	5.7 x 4.2	2.8 x 2.1
with 1/2" detector (6.4 x 4.8 mm)		25.6 x 19.2	12.8 x 9.6	6.4 x 4.8	3.2 x 2.4
with 1/1.8" detector (7.13 x 5.37 mm)		28.5 x 21.4	14.2 x 10.7	7.1 x 5.3	3.5 x 2.6
with 2/3" - 5 Mpx detector (8.45 x 7.07 mm)		33.7 x 28.2	16.8 x 14.1	8.4 x 7.0	4.2 x 3.5
Optical specifications					
Working distance	(mm)	68.0	...	...	...
f/# (1)		12	...	...	...
Telecentricity (2)	(deg)	< 0.05	...	...	...
Distortion	(%)	< 0.05	< 0.04	< 0.04	< 0.08
Field depth (3)	(mm)	11	2.8	0.7	0.2
CTF @ 70 lp/mm	(%)	> 40	> 35	> 40	> 35
Mechanical specifications					
Length	(mm)	218.0	...	...	...
Diameter	(mm)	79	...	...	...
Weight	(g)	1700	...	...	...
Mount		C	...	...	...



NOTES

1. Working F-number: the real F-number of a lens when used as a macro. Lenses with smaller apertures can be supplied on request
2. Maximum slope of principal rays inside the lens: when converted to millirad, it gives the maximum measurement error for any millimeter of object displacement
3. At the borders of the field depth the image can be still used for measurement but, to get a very sharp image, only half of the nominal field depth should be considered

COMPATIBLE PRODUCTS



LTRN 056 NW
Ring LED illuminator, white



CMHO TCZR
Clamping mechanics for TCZR



COCB243P0600
Electric cable for TCZR and MCZR products



COCBUSB20
USB cable for TCZR and MCZR products



CMHOTCZR

Mechanical Holder
8x Bi-Telecentric Zoom Lenses



Part Number		CMHOTCZR
Compatible Optics		
8x Bi-Telecentric Zoom Lenses		TCZR036, TCZR072
Length	(mm)	138,0
Width	(mm)	93,6
Height	(mm)	113,3
Optical Axis Height	(mm)	66,5 (*)
Weight	(g)	470,0

* Optical axis height refers to mechanical axis. Mechanical axis does not coincide with optical axis. Distance between optical and mechanical axis is 13,5 mm. If Zoom Revolver is mounted as shown, optical axis height is 80 mm

PRODUCT DATASHEET

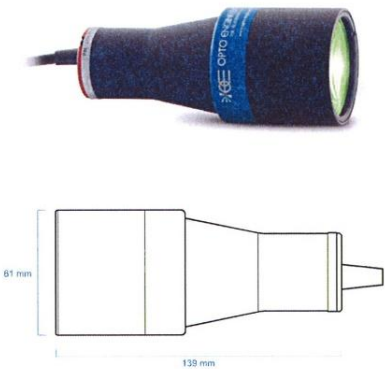


Telecentric lenses | LTCL series | LTCL 036-G

LTCL 036-G

Telecentric illuminator, beam diameter 45 mm, green

Beam diameter	(mm)	45
Optical specifications		
Working distance range	(mm)	70 - 140
Mechanical specifications		
Length	(mm)	138.9
Outer diameter	(mm)	61
Weight	(g)	373
Compatible telecentric lenses		
TC 13 yyy	yyy=	036
TC 12 yyy	yyy=	036
TC 23 yyy	yyy=	036
TC4M yyy	yyy=	004, 007, 009
TC2M yyy	yyy=	036
TC16M yyy	yyy=	036
TC12K yyy	yyy=	n.a.



TECHNICAL DOCUMENTATION O-RINGS

ERIKS

12. O-ring Gland Design

12 B. Gland Design Static Radial Application

Gland Design for Static Application for O-rings with Radial Squeeze Industrial Radial Glands INCHES

Surface Finish X

groove top and bottom :

for liquids

X = 32 micro inches (0.8 µm Ra)

for vacuum and gases

X = 16 micro inches (0.4 µm Ra)

groove sides:

X = 63 micro inches (1.6 µm Ra)

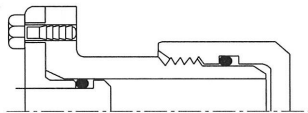


Fig. 1-28

Break corners app. R = .005 (0,15)

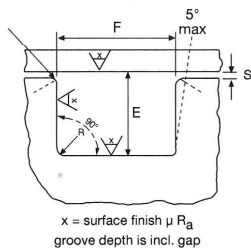


Fig. 1-27 a

Table 3.C-2 Gland dimensions Static Application-Industrial Radial Seals, METRIC

W O-ring cross section		E Gland Depth		S Diametr. Clearance	F Groove Width	R Groove Radius	Max. Eccentricity
Diam. mm	Tol. +/- DIN.3771		Tol. -0/+		Tol. Tol. -0/+0,13		
0,90	0,08	0,65	0,02	0,1	1,20	0,2	0,05
1,0 - 1,02	0,08	0,72	0,02	0,1	1,35	0,2	0,05
1,20	0,08	0,87	0,02	0,1	1,60	0,2	0,05
1,25 - 1,27	0,08	0,91	0,02	0,1	1,65	0,2	0,05
1,42	0,08	1,03	0,02	0,1	1,90	0,2	0,05
1,50	0,08	1,09	0,02	0,1	2,00	0,2	0,05
1,60 - 1,63	0,08	1,16	0,03	0,1	2,10	0,2	0,05
1,78* - 1,80	0,08	1,29	0,03	0,1	2,35	0,2	0,05
1,90	0,08	1,38	0,03	0,1	2,50	0,2	0,05
2,0	0,08	1,45	0,04	0,1	2,65	0,2	0,05
2,20 - 2,21	0,08	1,74	0,04	0,1	3,00	0,2	0,05
2,40	0,08	1,90	0,04	0,1	3,25	0,2	0,05
2,46	0,08	1,94	0,04	0,1	3,35	0,2	0,05
2,50	0,08	1,98	0,04	0,1	3,40	0,2	0,05
2,62*	0,08	2,07	0,04	0,1	3,55	0,2	0,05
2,70	0,09	2,13	0,04	0,1	3,65	0,2	0,05
2,95	0,09	2,33	0,04	0,1	4,00	0,5	0,05
3,0	0,09	2,40	0,04	0,15	4,05	0,5	0,07
3,15	0,09	2,52	0,05	0,15	4,25	0,5	0,07
3,50 - 3,53*	0,09	2,82	0,05	0,15	4,75	0,5	0,07
3,60	0,1	2,88	0,05	0,15	4,85	0,5	0,07
4,0	0,1	3,20	0,06	0,15	5,40	0,5	0,07
4,50	0,1	3,64	0,06	0,15	6,00	0,5	0,07
4,70	0,1	3,80	0,06	0,15	6,30	0,5	0,07
4,80	0,1	3,88	0,06	0,15	6,40	0,5	0,07
5,0	0,1	4,04	0,06	0,15	6,70	0,7	0,10
5,33* - 5,34	0,13	4,31	0,08	0,15	7,15	0,7	0,10
5,50	0,13	4,45	0,08	0,15	7,35	0,7	0,10
5,70	0,13	4,61	0,08	0,15	7,65	0,7	0,10
5,80	0,13	4,69	0,08	0,15	7,75	0,7	0,10
6,0	0,13	4,91	0,08	0,18	8,15	0,7	0,13
6,40	0,13	5,24	0,1	0,18	8,70	0,7	0,13
6,50	0,13	5,32	0,1	0,18	8,85	0,7	0,13
6,90	0,13	5,65	0,1	0,18	9,40	0,7	0,13
6,99*	0,15	5,72	0,1	0,18	9,50	0,7	0,13
7,0	0,15	5,73	0,1	0,18	9,55	0,7	0,13
7,50	0,15	6,14	0,1	0,18	10,20	1,0	0,13
8,0	0,18	6,55	0,1	0,18	10,90	1,0	0,13
8,40	0,18	6,87	0,15	0,18	11,45	1,0	0,13
9,0	0,2	7,65	0,15	0,18	11,85	1,0	0,13
10,0	0,2	8,50	0,15	0,18	13,20	1,0	0,13
11,0	0,2	9,35	0,15	0,18	14,50	1,0	0,13
12,0	0,2	10,20	0,15	0,18	15,85	1,0	0,13
13,0	0,2	11,05	0,15	0,18	17,15	1,5	0,13
14,0	0,2	11,90	0,3	0,18	18,45	1,5	0,13
16,0	0,2	13,60	0,3	0,18	21,10	1,5	0,13
18,0	0,2	15,30	0,3	0,18	23,75	1,5	0,13
20,0	0,2	17,00	0,3	0,18	26,40	1,5	0,13

CF 8 Ex/CF 32 Ex frames



GB The Roxtec CF 8 Ex and CF 32 Ex are cast aluminium frames suitable for compact installations in cabinets. The compression is integrated in the frame. CF 8 Ex can accommodate up to 15 cables and CF 32 Ex up to 60 cables.

IT I telai Roxtec CF 8 Ex e CF 32 Ex sono in alluminio pressofuso adatti in installazioni compatte in quadri. La compressione è integrata nel telaio. Il telaio CF 8 Ex può contenere fino a 15 cavi, mentre il telaio CF 32 Ex fino a 60 cavi.

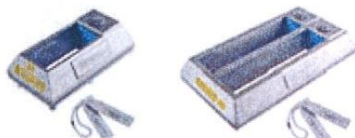
DE Die Roxtec CF 8 Ex und CF 32 Ex Rahmen sind Aluminium-Rahmen, geeignet für kompakte Installationen in Gehäusen. Die Kompressionseinheit ist in den Rahmen integriert. Der CF 8 Ex kann bis zu 15 Kabel und der CF 32 Ex bis zu 60 Kabel aufnehmen.

ES Los CF 8 Ex y CF 32 Ex de Roxtec son marcos de aluminio para empotrar, apropiados para instalaciones compactas en armarios. La compresión viene integrada en el marco. El CF 8 Ex puede sellar hasta 15 cables y el CF 36 Ex hasta 60 cables.

FR Les cadres Roxtec CF8 Ex/CF32 Ex sont en aluminium et nickelé en surface pour des installations compactes dans des armoires et coffrets. L'unité de compression est intégrée au cadre. Le CF8 Ex peut accepter jusqu'à 15 câbles et le CF32 Ex jusqu'à 60 câbles.

CF 8 Ex / CF 32 Ex frame, integrated compression unit, aluminium

Telaio CF 8 Ex / CF 32 Ex, unità di compressione integrata, alluminio ▶ CF 8 Ex / CF 32 Ex Rahmen, integrierte Kompressionseinheit, Aluminium ▶ Marcos CF 8 Ex/CF 32 Ex, unidad de compresión integrada, aluminio ▶ Cadres CF 8 Ex / CF 32 Ex, unité de compression intégrée, aluminium nickelé en surface



CF 8 Ex
EXCSF0000080035

CF 32 Ex
EXCSF0000320035

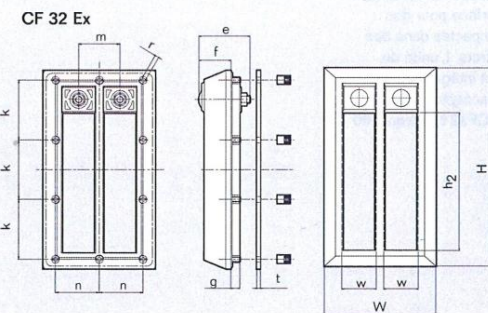
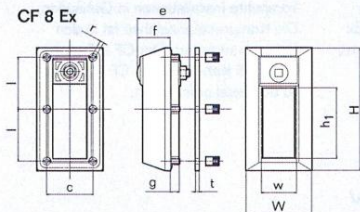
Parts needed for a complete solution



page 39

Cert. No: IECEx SP 09.0001X, SP08ATEX3916X, ATEX: II 2GD Ex e II Ex tD A21, IP Class: 66/67, Temp: -40°C — +80°C

IT	Telaio	Apertura telaio	Spazio di riempimento (mm)	Dimensioni esterne		Peso		Art. Nr.
				HxW (mm)	HxW (tum)	(kg)	(lb)	
DE	Rahmen	Rahmenöffnungen	Belegraum (mm)	Außenmaße		Gewicht		Art.-Nr.
				HxW (mm)	HxW (in.)	(kg)	(lb.)	
ES	Marco	Aberturas del marco	Espacio útil de sellado (mm)	Dim. externas		Peso		Nº art.
				HxW (mm)	HxW (pulgadas)	(kg)	(libra)	
FR	Cadre	Nombre d'alvéoles	Espace de remplissage (mm)	Dim. Extérieures		Poids		N° d'article
				HxW (mm)	HxW (pouces)	(kg)	(lb)	
GB	Frame	Frame openings	Packing space (mm)	External dimensions		Weight		Art. No.
				HxW (mm)	HxW (in)	(kg)	(lb)	
	CF 8 Ex	1	80 x 40	140 x 75	5.512 x 2.952	0.6	1.323	EXCSF0000080035
	CF 32 Ex	2	160 x 40	230 x 130	9.055 x 5.118	1.4	3.086	EXCSF0000320035

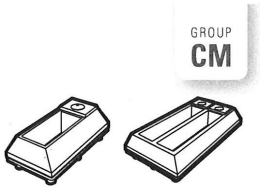


Pos	(mm)	(in)
l	60	2.362
r	SW 4	SW 0.157
c	53	2.087
e	59	2.323
f	38	1.496
g	12	0.472
k	70	2.756
m	48	1.890
n	51	2.008
t	4	0.157
h ₁	80	3.150
h ₂	160	6.299
w	40	1.575

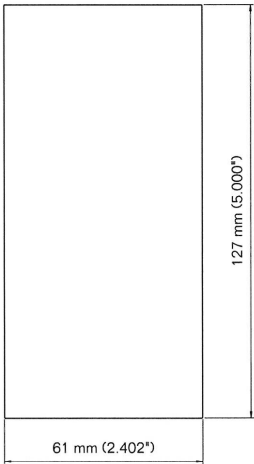
Note: All dimensions are nominal values
Nota: tutte le dimensioni sono valori nominali
Achtung: alle angegebenen Maße sind Nominalwerte
Nota: Todas las dimensiones son valores nominales
N.B.: toutes les dimensions sont nominales

CF 8 and 32 frames, holecut

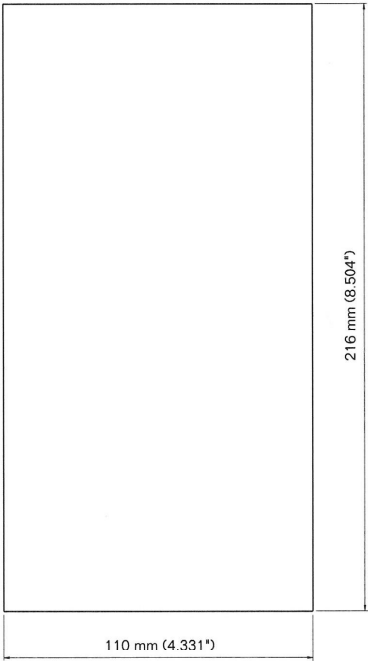
Aukon koko CF 8/32-kehykselle
CF 8/32 рамы, проёмы
CF 8/32, håltagning
Telai CF 8/32, dima di foratura



CF 8



CF 32



Not scale 1:1

OULUN SEUDUN
AMMATTIKORKEAKOULU



TEKNIIKAN YKSIKKÖ
KOTKANTIE 1, 90250 OULU
www.oamk.fi

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹	Tilaaaja ²
	Teemu Herttua	Teknologian tutkimuskeskus VTT
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	
	Mikko Paakkolanvaara	
	Työn nimi ⁴	
	Telesentrisen kamerasysteemin mekaniikan suunnittelu	
	Työn kuvaus ⁵	
Telesentriseen kamerasysteemiin tutustuminen. Kamerasysteemin mekaniikan suunnittelu ja toteutus.		
Työn tavoitteet ⁶		
Painetun älyn painokoneympäristöön soveltuvan kamerasysteemin mekaniikan suunnittelu ja toteutus.		
Tavoiteaikataulu ⁷		
Aloitus kesäkuu 2013 - Valmista joulukuun 2013		
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> 19/4/2013 Oulu Tekijän allekirjoitus Teemu Herttua </div> <div style="text-align: center;"> 19/4/2013 Oulu Tilaaajan allekirjoitus Mikko Paakkolanvaara </div> </div>		

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö

